



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



#3
217
4/21/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 1月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-024805

出 願 人

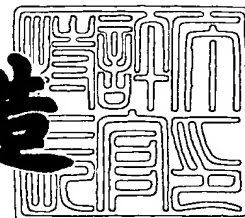
Applicant (s):

ティーディーケイ株式会社

2000年 8月25日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3068210

【書類名】 特許願

【整理番号】 TD01103

【提出日】 平成12年 1月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/39

【発明の名称】 磁気変換素子、薄膜磁気ヘッドおよびそれらの製造方法

【請求項の数】 14

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

 【氏名】 土屋 芳弘

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

 【氏名】 荒木 悟

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

 【氏名】 佐野 正志

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

 【氏名】 上杉 卓己

【特許出願人】

 【識別番号】 000003067

 【氏名又は名称】 ティーディーケー株式会社

 【代表者】 澤部 肇

【代理人】

 【識別番号】 100109656

【弁理士】

【氏名又は名称】 三反崎 泰司

【代理人】

【識別番号】 100098785

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019482

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気変換素子、薄膜磁気ヘッドおよびそれらの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一対の対向する面を有する非磁性層と、
前記非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、
前記非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、
前記強磁性層の前記非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層と
を備えた磁気変換素子であって、
前記軟磁性層および前記強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に層間層
を有し、

この層間層は、磁性を有すると共に、前記磁性層の少なくとも一部よりも電気
抵抗が大きく、

かつ、マンガン (Mn)、クロム (Cr)、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、
ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir) および白金 (Pt) からなる群のうちの
少なくとも 1 種を含む

ことを特徴とする磁気変換素子。

【請求項 2】 一対の対向する面を有する非磁性層と、
前記非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、
前記非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、
前記強磁性層の前記非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層と、
前記軟磁性層および前記強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に形成さ
れ、磁性を有し、かつ前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きい層間
層と、

この層間層と前記非磁性層との間および前記層間層の前記非磁性層とは反対の
側のうちの少なくとも一方に形成され、マンガン、クロム、ニッケル、銅、ロジ
ウム、イリジウムおよび白金からなる群のうちの少なくとも 1 種を含む挿入層と
を備えたことを特徴とする磁気変換素子。

【請求項 3】 前記挿入層の厚さは、0.03nmより厚く0.6nmより
薄いことを特徴とする請求項 2 記載の磁気変換素子。

【請求項 4】 一対の対向する面を有する非磁性層と、
前記非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、
前記非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、
前記強磁性層の前記非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層と、
前記軟磁性層および前記強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に形成され、磁性を有し、かつ前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きい層間層と、

この層間層と前記非磁性層との間および前記層間層の前記非磁性層とは反対の側のうちの少なくとも一方に形成された熱安定化促進層と
を備えたことを特徴とする磁気変換素子。

【請求項 5】 前記層間層の厚さは、0.5 nm 以上 1 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 に記載の磁気変換素子。

【請求項 6】 前記層間層は、酸素（O）および窒素（N）からなる群のうちの少なくとも 1 種を含んでいることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 に記載の磁気変換素子。

【請求項 7】 前記層間層は、前記磁性層の構成元素のうちの少なくとも 1 種を含んでいることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 に記載の磁気変換素子。

【請求項 8】 前記軟磁性層は、
ニッケル、コバルト（Co）、鉄（Fe）、タンタル（Ta）、クロム、ロジウム、モリブデン（Mo）およびニオブ（Nb）からなる群のうち少なくともニッケルを含む第 1 軟磁性層と、

ニッケル、コバルトおよび鉄からなる群のうち少なくともコバルトを含む第 2 軟磁性層と

を有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 に記載の磁気変換素子。

【請求項 9】 前記強磁性層は、コバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含むことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 に記載の磁気変換素子。

【請求項 1 0】 請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか 1 に記載の磁気変換素子を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 1】 一对の対向する面を有する非磁性層と、前記非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、前記非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、前記強磁性層の前記非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層とを備えた磁気変換素子の製造方法であって、

前記軟磁性層および前記強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に、磁性を有すると共に、前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きく、かつ、マンガン、クロム、ニッケル、銅、ロジウム、イリジウムおよび白金からなる群のうちの少なくとも 1 種を含む層間層を設ける工程

を含むことを特徴とする磁気変換素子の製造方法。

【請求項 1 2】 前記層間層を形成する工程は、

前記磁性層に、マンガン、クロム、ニッケル、銅、ロジウム、イリジウムおよび白金からなる群のうち少なくとも 1 種よりなる金属層を形成する工程と、

前記磁性層の一部および前記金属層を、酸化、窒化、または酸化および窒化する工程と

を含むことを特徴とする請求項 1 1 記載の磁気変換素子の製造方法。

【請求項 1 3】 一对の対向する面を有する非磁性層と、前記非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、前記非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、前記強磁性層の前記非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層とを備えた磁気変換素子の製造方法であって、

前記軟磁性層および前記強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に、磁性を有し、かつ前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きい層間層を形成する工程と、

この層間層と前記非磁性層との間および前記層間層の前記非磁性層とは反対の側のうちの少なくとも一方に、マンガン、クロム、ニッケル、銅、ロジウム、イリジウムおよび白金からなる群のうちの少なくとも 1 種を含む挿入層を形成する工程と

を含むことを特徴とする磁気変換素子の製造方法。

【請求項14】 請求項11ないし請求項13のいずれか1に記載の磁気変換素子の製造方法を用いることを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気変換素子、それを用いた薄膜磁気ヘッドおよびそれらの製造方法に関するものであり、より詳細には、熱安定性の良い磁気変換素子、それを用いた薄膜磁気ヘッドおよびそれらの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、ハードディスクなどの面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、磁気変換素子の一つである磁気抵抗効果素子（以下、MR（Magnetoresistive）素子と記す。）を有する再生ヘッドと、誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

【0003】

MR素子としては、異方性磁気抵抗効果（AMR（Anisotropic Magnetoresistive）効果）を示す磁性膜（AMR膜）を用いたAMR素子と、巨大磁気抵抗効果（GMR（Giant Magnetoresistive）効果）を示す磁性膜（GMR膜）を用いたGMR素子などがある。

【0004】

AMR素子を用いた再生ヘッドはAMRヘッドと呼ばれ、GMR素子を用いた再生ヘッドはGMRヘッドと呼ばれる。AMRヘッドは、面記録密度が 1 Gbit/inch^2 を超える再生ヘッドとして利用され、GMRヘッドは、面記録密度が 3 Gbit/inch^2 を超える再生ヘッドとして利用されている。

【0005】

ところで、GMR膜としては、「多層型（アンチフェロ型）」、「誘導フェリ型」、「グラニューラ型」、「スピバルブ型」等が提案されている。これらの中で、比較的構成が単純で、弱い磁場でも大きな抵抗変化を示し、量産に好ましい

と考えられるGMR膜は、スピバルブ型である。

【0006】

図17は、一般のスピバルブ型GMR膜（以下、スピバルブ膜と記す）の構成を表すものである。図中符号Sで示した面は磁気記録媒体と対向する面に対応する。このスピバルブ膜は、下地層91の上に、軟磁性層92、非磁性層94、強磁性層95、反強磁性層96および保護層97をこの順に積層して構成したものである。このスピバルブ膜では、強磁性層95の磁化 M_p の向きが反強磁性層96との交換結合により固定され、軟磁性層92の磁化 M_f の向きが外部磁場によって自由に変化し、その相対角度に応じて抵抗が変化するようにしている。

【0007】

近年、 20 Gbit/inch^2 を越える超高密度磁気記録を可能にするため、スピバルブ膜の電気抵抗の変化率（以下、抵抗変化率とする。）をより大きくすることが望まれている。例えば、文献“CoFe specular spin valves with a nano oxide layer”, 1999 Digests of INTERMAG 99, published by May 18, 1999 には、スピバルブ膜の強磁性層にNOLと呼ばれる酸化膜を設けることが提案されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の文献には、NOLと呼ばれる酸化膜の材質、厚さおよび挿入位置などの具体的な条件については何も述べられていない。そこで、本出願人は、スピバルブ膜の強磁性層または軟磁性層における最適な位置に、例えば酸化膜よりなる層間層を設けることによって抵抗変化率を大きくすることを提案している（特願平11-227530号）。

【0009】

しかしながら、この方法では、抵抗変化率は大きくできるものの、熱安定性については十分な結果を得ることができない場合があった。特に、層間層を強磁性層の中に設ける場合において問題であった。

【 0 0 1 0 】

本発明は、かかる問題点に鑑みて成されたもので、その目的は、熱安定性の良い磁気変換素子、薄膜磁気ヘッド、およびそれらの製造方法を提供することにある。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

本発明の第 1 の観点による磁気変換素子は、一対の対向する面を有する非磁性層と、非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、強磁性層の非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層とを備えた磁気変換素子であって、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に層間層を有し、この層間層は、磁性を有すると共に、前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きく、かつ、Mn（マンガン）、Cr（クロム）、Ni（ニッケル）、Cu（銅）、Rh（ロジウム）、Ir（イリジウム）およびPt（白金）からなる群のうちの少なくとも 1 種を含むことを特徴とするものである。

【 0 0 1 2 】

本発明の第 1 の観点による磁気変換素子では、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に設けられた層間層が電子の少なくとも一部を反射して電子の通路を制限するため、抵抗変化率が改善される。更に、層間層が、Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、Ir および Pt からなる群のうち少なくとも 1 種を含んでいるため、高い熱安定性が得られる。

【 0 0 1 3 】

本発明の第 2 の観点による磁気変換素子は、一対の対向する面を有する非磁性層と、非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、強磁性層の非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層と、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に形成され、磁性を有し、かつ前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きい層間層と、この層間層と非磁性層との間および層間層の非磁性層とは反対の側のうちの少なくとも一方に形成され、Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、Ir および Pt から

なる群のうちの少なくとも1種を含む挿入層とを備えたことを特徴とするものである。

【0014】

本発明の第2の観点による磁気変換素子では、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に設けられた層間層が電子の少なくとも一部を反射して電子の通路を制限するため、抵抗変化率が改善される。更に、層間層と非磁性層との間および層間層の非磁性層とは反対の側のうちの少なくとも一方に、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種を含む挿入層が形成されているため、高い熱安定性が得られる。

【0015】

なお、挿入層の厚さは、0.03nmより厚く0.6nmより薄いことが好ましい。

【0016】

また、本発明の第3の観点による磁気変換素子は、一対の対向する面を有する非磁性層と、非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、強磁性層の非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層と、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に形成され、磁性を有し、かつ前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きい層間層と、この層間層と非磁性層との間および層間層の非磁性層とは反対の側のうちの少なくとも一方に形成された熱安定化促進層とを備えたことを特徴とするものである。

【0017】

本発明の第3の観点による磁気変換素子では、軟磁性層または強磁性層に設けられた層間層が電子の少なくとも一部を反射して電子の通路を制限するため、抵抗変化率が改善される。更に、層間層と非磁性層との間および層間層の非磁性層とは反対の側のうちの少なくとも一方に、熱安定化促進層が設けられているため、高い熱安定性が得られる。

【0018】

なお、層間層の厚さは、0.5nm以上1nm以下であることが好ましい。ま

た、層間層は、O（酸素）およびN（窒素）からなる群のうち少なくとも1種を含むことが好ましい。更に、層間層は、前記磁性層の構成元素のうち少なくとも1種を含んで構成されていることが好ましい。また、軟磁性層は、Ni, Co（コバルト）, Fe（鉄）, Ta（タンタル）, Cr, Rh, Mo（モリブデン）およびNb（ニオブ）からなる群のうち少なくともNiを含む第1軟磁性層と、Ni, CoおよびFeからなる群のうち少なくともCoを含む第2軟磁性層とを有することが好ましい。更に、強磁性層は、CoおよびFeからなる群のうちの少なくともCoを含むことが好ましい。

【0019】

また、本発明による薄膜磁気ヘッドは、上述した磁気変換素子を有することを特徴とするものである。

【0020】

また、本発明の第1の観点による磁気変換素子の製造方法は、一对の対向する面を有する非磁性層と、非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、強磁性層の非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層とを備えた磁気変換素子の製造方法であって、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に、磁性を有すると共に、前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きく、かつ、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種を含む層間層を形成する工程を含むことを特徴とするものである。

【0021】

本発明の第1の観点による磁気変換素子の製造方法では、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に、磁性を有すると共に、前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きく、かつ、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種を含む層間層が形成された磁気変換素子が得られる。

【0022】

なお、層間層を形成する工程は、前記磁性層にMn, Cr, Ni, Cu, Rh, IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種よりなる金属層を形成する工

程と、前記磁性層の一部および金属層を酸化、窒化、または酸化および窒化する工程とを含むことが好ましい。

【0023】

本発明の第2の観点による磁気変換素子の製造方法は、一对の対向する面を有する非磁性層と、非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、強磁性層の非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層とを備えた磁気変換素子の製造方法であって、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に、磁性を有し、かつ前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きい層間層を形成する工程と、この層間層と非磁性層との間および層間層の非磁性層とは反対の側のうちの少なくとも一方に、Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種を含む挿入層を形成する工程とを含むことを特徴とするものである。

【0024】

本発明の第2の観点による磁気変換素子の製造方法では、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に層間層が形成され、その層間層と非磁性層との間および層間層の非磁性層とは反対の側のうちの少なくとも一方に、Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、IrおよびPtからなる群のうち少なくとも1種よりなる挿入層が形成された磁気変換素子が得られる。

【0025】

また、本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法は、磁気変換素子の製造工程において、本発明による磁気変換素子の製造方法を用いるようにしたことを特徴とするものである。

【0026】

【発明の実施の形態】

〔第1の実施の形態〕

＜MR素子および薄膜磁気ヘッドの構成＞

最初に、図1ないし図7を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る磁気変換素子の一具体例であるMR素子およびそれを用いた薄膜磁気ヘッドの構成について説明する。

【 0 0 2 7 】

図 1 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッド 1 0 0 を備えたアクチュエータアーム 2 0 0 の構成を表すものである。このアクチュエータアーム 2 0 0 は、例えば、図示しないハードディスク装置などで用いられるものであり、薄膜磁気ヘッド 1 0 0 が形成されたスライダ 2 1 0 を有している。このスライダ 2 1 0 は、例えば、支軸 2 2 0 により回転可能に支持された腕部 2 3 0 の先端に搭載されている。この腕部 2 3 0 は、例えば、図示しないボイスコイルモータの駆動力により回転するようになっており、これによりスライダ 2 1 0 がハードディスクなどの磁気記録媒体 3 0 0 の記録面（図 1 においては記録面の下面）に沿ってトラックラインを横切る方向 x に移動するようになっている。なお、磁気記録媒体 3 0 0 は、例えば、スライダ 2 1 0 がトラックラインを横切る方向 x に対してほぼ直交する方向 z に回転するようになっており、このような磁気記録媒体 3 0 0 の回転およびスライダ 2 1 0 の移動により磁気記録媒体 3 0 0 に情報が記録され、または記録された情報が読み出されるようになっている。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、図 1 に示したスライダ 2 1 0 の構成を表すものである。このスライダ 2 1 0 は、例えば、 $Al_2O_3 \cdot TiC$ （アルティック）よりなるブロック状の基体 2 1 1 を有している。この基体 2 1 1 は、例えば、ほぼ六面体状に形成されており、そのうちの一面が磁気記録媒体 3 0 0（図 1 参照）の記録面に近接して対向するように配置されている。この磁気記録媒体 3 0 0 の記録面と対向する面はエアベアリング面（ABS）2 1 1 a と呼ばれ、磁気記録媒体 3 0 0 が回転する際には、磁気記録媒体 3 0 0 の記録面とエアベアリング面 2 1 1 a との間に生じる空気流により、スライダ 2 1 0 が記録面との対向方向 y において記録面から離れるように微少量移動し、エアベアリング面 2 1 1 a と磁気記録媒体 3 0 0 との間に一定の隙間ができるようになっている。基体 2 1 1 のエアベアリング面 2 1 1 a に対する一側面（図 2 においては左側の側面）には、薄膜磁気ヘッド 1 0 0 が設けられている。

【 0 0 2 9 】

図 3 は、薄膜磁気ヘッド 1 0 0 の構成を分解して表すものである。また、図 4

は、図 3 に示した矢印 I V 方向から見た平面構造を表し、図 5 は、図 4 に示した V - V 線に沿った矢視方向の断面構造を表し、図 6 は、図 4 に示した V I - V I 線に沿った矢視方向すなわち図 5 に示した V I - V I 線に沿った矢視方向の断面構造を表し、図 7 は、図 6 に示した構造の一部を取り出して表すものである。この薄膜磁気ヘッド 1 0 0 は、磁気記録媒体 3 0 0 に記録された磁気情報を再生する再生ヘッド部 1 0 1 と、磁気記録媒体 3 0 0 のトラックラインに磁気情報を記録する記録ヘッド部 1 0 2 とが一体に構成されたものである。

【 0 0 3 0 】

図 3 および図 5 に示したように、再生ヘッド部 1 0 1 は、例えば、基体 2 1 1 の上に、絶縁層 1 1，下部シールド層 1 2，下部シールドギャップ層 1 3，上部シールドギャップ層 1 4 および上部シールド層 1 5 がエアベアリング面 2 1 1 a の側においてこの順に積層された構造を有している。絶縁層 1 1 は、例えば、積層方向の厚さ（以下、単に厚さと記す）が $2\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ であり、 Al_2O_3 （酸化アルミニウム）により構成されている。下部シールド層 1 2 は、例えば、厚さが $1\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ であり、NiFe（ニッケル鉄合金）などの磁性材料により構成されている。下部シールドギャップ層 1 3 および上部シールドギャップ層 1 4 は、例えば、厚さがそれぞれ $10\text{nm} \sim 100\text{nm}$ であり、 Al_2O_3 または AlN（窒化アルミニウム）によりそれぞれ構成されている。上部シールド層 1 5 は、例えば、厚さが $1\mu\text{m} \sim 4\mu\text{m}$ であり、NiFe などの磁性材料により構成されている。なお、この上部シールド層 1 5 は、記録ヘッド部 1 0 2 の下部磁極としての機能も兼ね備えている。

【 0 0 3 1 】

また、下部シールドギャップ層 1 3 と上部シールドギャップ層 1 4 との間には、スピンバルブ膜である積層体 2 0 を含む MR 素子 1 1 0 が埋設されている。この再生ヘッド部 1 0 1 は、磁気記録媒体 3 0 0 からの信号磁界に応じて積層体 2 0 における電気抵抗が変化することを利用して、磁気記録媒体 3 0 0 に記録された情報を読み出すようになっている。

【 0 0 3 2 】

この積層体 2 0 は、例えば、図 6 および図 7 に示したように、下部シールドギ

ヤップ層 1 3 の上に、下地層 2 1，第 1 軟磁性層 2 2，第 2 軟磁性層 2 3，非磁性層 2 4，強磁性層 2 5，反強磁性層 2 6 および保護層 2 7 がこの順に積層された構造を有している。下地層 2 1 は、例えば、厚さが 5 nm であり、Ta（タンタル）により構成されている。

【 0 0 3 3 】

第 1 軟磁性層 2 2 は、例えば、厚さが 1 nm ～ 8 nm であり、Ni，Co，Fe，Ta，Cr，Rh，Mo および Nb からなる群のうちの少なくとも Ni を含む磁性材料により構成されている。具体的には、 $[\text{Ni}_x \text{Co}_y \text{Fe}_{100-(x+y)}]_{100-z} \text{M}_I z$ により構成されることが好ましい。式中、 M_I は Ta，Cr，Rh，Mo および Nb のうちの少なくとも 1 種を表し、 x ， y ， z はそれぞれ原子 % で $75 \leq x \leq 90$ 、 $0 \leq y \leq 15$ 、 $0 \leq z \leq 15$ の範囲内である。

【 0 0 3 4 】

第 2 軟磁性層 2 3 は、例えば、厚さが 0.5 nm ～ 3 nm であり、Ni，Co および Fe からなる群のうちの少なくとも Co を含む磁性材料により構成されている。具体的には、(1 1 1) 面が積層方向に配向している $\text{Co}_x \text{Fe}_y \text{Ni}_{100-(x+y)}$ により構成されることが好ましい。式中、 x ， y はそれぞれ原子 % で $0 \leq x \leq 100$ 、 $0 \leq y \leq 25$ の範囲内である。なお、これら第 1 軟磁性層 2 2 および第 2 軟磁性層 2 3 は共にフリー層とも言われる軟磁性層を構成しており、磁気記録媒体 3 0 0 からの信号磁界に応じて磁界の向きが変化するようにになっている。軟磁性層の厚さ、すなわち第 1 軟磁性層 2 2 および第 2 軟磁性層 2 3 の厚さの合計は、例えば、3 nm ～ 8 nm とされている。

【 0 0 3 5 】

非磁性層 2 4 は、例えば、厚さが 1.8 nm ～ 3.0 nm であり、Cu，Au（金）および Ag（銀）からなる群のうちの少なくとも 1 種を 80 重量 % 以上含む非磁性材料により構成されている。

【 0 0 3 6 】

強磁性層 2 5 は、例えば、厚さが 2 nm ～ 4.5 nm であり、Co および Fe からなる群のうちの少なくとも Co を含む磁性材料により構成されている。この強磁性層 2 5 では、磁性材料の (1 1 1) 面が積層方向に配向していることが好

ましい。なお、この強磁性層 2 5 はピンド層とも言われ、強磁性層 2 5 と反強磁性層 2 6 との界面における交換結合により、磁化の向きが固定されている。ちなみに、本実施の形態では y 方向に固定されている。

【0037】

反強磁性層 2 6 は、例えば、厚さが 5 ~ 3 0 n m であり、P t , R u (ルテニウム), R h , P d (パラジウム), N i , A u , A g , C u , I r , C r および F e からなる群のうちの少なくとも 1 種 M_{II} と、マンガン (M n) とを含む反強磁性材料により構成されている。このうち M n の含有量は 4 5 原子%以上 9 5 原子%以下、その他の元素 M_{II} の含有量は 5 原子%以上 6 5 原子%以下であることが好ましい。この反強磁性材料には、熱処理しなくても反強磁性を示し、強磁性材料との間に交換結合磁界を誘起する非熱処理系反強磁性材料と、熱処理により反強磁性を示すようになる熱処理系反強磁性材料とがある。この反強磁性層 2 6 は、そのどちらにより構成されていてもよい。

【0038】

なお、非熱処理系反強磁性材料には γ 相を有する M n 合金などがあり、具体的には、R u R h M n (ルテニウムロジウムマンガン合金), F e M n (鉄マンガン合金)あるいは I r M n (イリジウムマンガン合金)などがある。熱処理系反強磁性材料には規則結晶構造を有する M n 合金などがあり、具体的には、P t M n (白金マンガン合金), N i M n (ニッケルマンガン合金)および P t R h M n (白金ロジウムマンガン合金)などがある。保護層 2 7 は、例えば、厚さが 5 n m であり、T a により構成されている。

【0039】

この積層体 2 0 では、強磁性層 2 5 が積層方向において下層 2 5 a と上層 2 5 b とに分割されている。この下層 2 5 a と上層 2 5 b との間、すなわち強磁性層 2 5 の中には、本発明における「層間層」の一具体例に対応する強磁性層間層 2 8 が設けられている。この強磁性層間層 2 8 は、検出電流が積層体 2 0 を流れる際に、電子の少なくとも一部を反射して電子の移動する経路を制限し、積層体 2 0 の抵抗変化率を大きくするためのものであり、強磁性層 2 5 よりも大きな電気抵抗を有している。また、この強磁性層間層 2 8 は磁性を有しており、下層 2 5

a と上層 2 5 b とが磁氣的に一体になるようになっている。すなわち、上層 2 5 b と反強磁性層 2 6 との界面における交換結合により上層 2 5 b の磁化の向きが固定されると、下層 2 5 a の磁化の向きも同じ方向に固定されるようになっている。

【 0 0 4 0 】

なお、この強磁性層間層 2 8 は、例えば、強磁性層 2 5 を構成する材料よりも電気抵抗の大きい材料で構成されることにより、強磁性層 2 5 よりも大きな電気抵抗を有するようになっている。この強磁性層間層 2 8 は、例えば、酸化物、窒化物および酸化窒化物のうちの少なくとも 1 種を含んでいることが好ましい。磁氣的に安定であり、出力変動を小さくすることができるからである。また、この強磁性層間層 2 8 は、例えば、強磁性層 2 5 の構成元素のうちの少なくとも 1 種を含んでいることが好ましい。強磁性層 2 5 の一部を酸化、窒化、あるいは酸化および窒化することにより、良好な強磁性層間層 2 8 を容易に得ることができるからである。更に、この強磁性層間層 2 8 は、例えば、添加物として、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, Ir および Pt からなる群のうちの少なくとも 1 種を含んでいることが好ましい。熱安定性を向上させることができるからである。具体的には、この強磁性層間層 2 8 は、Ni, Co および Fe からなる群のうちの少なくとも Co と、O および N からなる群のうちの少なくとも 1 種と、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, Ir および Pt からなる群のうちの少なくとも 1 種を含んでいることが好ましい。

【 0 0 4 1 】

強磁性層間層 2 8 の厚さは、例えば、0.5 nm 以上 1 nm 以下であることが好ましい。厚すぎると下層 2 5 a と上層 2 5 b との磁氣的結合力が弱まり大きな抵抗変化率が得られないからであり、薄すぎると電子の移動経路を十分に制限することができず、大きな抵抗変化率を得ることができないからである。

【 0 0 4 2 】

積層体 2 0 の両側、すなわち積層方向に対して垂直な方向の両側には、磁区制御膜 3 0 a, 3 0 b がそれぞれ設けられており、第 1 軟磁性層 2 2 および第 2 軟磁性層 2 3 の磁化の向きを揃え、単磁区化していわゆるバルクハウゼンノイズの

発生を抑えるようになっている。この磁区制御膜 30 a は、磁区制御用強磁性膜 31 a と、磁区制御用反強磁性膜 32 a とを下部シールドギャップ層 13 の側から順に積層した構造とされている。磁区制御膜 30 b も磁区制御膜 30 a と同一の構成とされている。これら磁区制御用強磁性膜 31 a, 31 b の磁化の向きは、磁区制御用強磁性膜 31 a, 31 b と磁区制御用反強磁性膜 32 a, 32 b とのそれぞれの界面における交換結合によってそれぞれ固定されている。これにより、例えば図 7 に示したように、磁区制御用強磁性膜 31 a, 31 b の近傍では第 1 軟磁性層 22 および第 2 軟磁性層 23 に対するバイアス磁界 H_b が x 方向に発生している。

【0043】

磁区制御用強磁性膜 31 a, 31 b は、例えば、それぞれ厚さが 10 nm ~ 50 nm である。また、磁区制御用強磁性膜 31 a, 31 b は、例えば、NiFe、または、Ni, Fe および Co からなる磁性材料などにより構成されている。この場合、NiFe と Co との積層膜としても良い。磁区制御用反強磁性膜 32 a, 32 b は、例えば、それぞれ厚さが 5 nm ~ 30 nm であり、反強磁性材料により構成されている。この反強磁性材料は、非熱処理系反強磁性材料でも熱処理系反強磁性材料でも良いが、非熱処理系反強磁性材料が好ましい。また、磁区制御膜 30 a, 30 b としては、硬磁性材料（ハードマグネット）を用いてもよい。この場合には、TiW（チタンタングステン合金）層と CoPt（コバルト白金合金）層との積層膜、あるいは TiW 層と CoCrPt（コバルトクロム白金合金）層との積層膜などを用いることができる。

【0044】

これら磁区制御膜 30 a, 30 b の上には、Ta と Au との積層膜、TiW と Ta との積層膜、あるいは TiN（窒化チタン）と Ta との積層膜などよりなるリード層 33 a, 33 b がそれぞれ設けられており、磁区制御膜 30 a, 30 b を介して積層体 20 に電流を流すことができるようになっている。

【0045】

記録ヘッド部 102 は、例えば、図 3 および図 5 に示したように、上部シールド層 15 の上に、 Al_2O_3 などの絶縁膜よりなる厚さ 0.1 μm ~ 0.5 μm

の記録ギャップ層41を有している。この記録ギャップ層41は、後述する薄膜コイル43、45の中心部に対応する位置に開口部41aを有している。この記録ギャップ層41の上には、スロートハイトを決定する厚さ $1.0\mu\text{m}\sim 5.0\mu\text{m}$ のフォトレジスト層42を介して、厚さ $1\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ の薄膜コイル43およびこれを覆うフォトレジスト層44がそれぞれ形成されている。このフォトレジスト層44の上には、厚さ $1\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ の薄膜コイル45およびこれを覆うフォトレジスト層46がそれぞれ形成されている。なお、本実施の形態では薄膜コイルが2層積層された例を示したが、薄膜コイルの積層数は1層または3層以上であってもよい。

【0046】

記録ギャップ層41およびフォトレジスト層42、44、46の上には、例えば、NiFeまたはFeN（窒化鉄）などの高飽和磁束密度を有する磁性材料よりなる厚さ約 $3\mu\text{m}$ の上部磁極47が形成されている。この上部磁極47は、薄膜コイル43、45の中心部に対応して設けられた記録ギャップ層41の開口部41aを介して、上部シールド層15と接触しており、磁氣的に連結している。この上部磁極47の上には、図3ないし図6では図示しないが、例えば、 Al_2O_3 よりなる厚さ $20\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ のオーバーコート層（図13（B）におけるオーバーコート層48）が全体を覆うように形成されている。これにより、この記録ヘッド部102は、薄膜コイル43、45に流れる電流によって下部磁極である上部シールド層15と上部磁極47との間に磁束を生じ、記録ギャップ層41の近傍に生ずる磁束によって磁気記録媒体300を磁化し、情報を記録するようになっている。

【0047】

＜MR素子および薄膜磁気ヘッドの動作＞

次に、このように構成されたMR素子110および薄膜磁気ヘッド100による再生動作について、図6および図7を中心に参照して説明する。

【0048】

この薄膜磁気ヘッド100では、再生ヘッド部101により磁気記録媒体300に記録された情報を読み出す。再生ヘッド部101では、積層体20の強磁性

層 2 5 と反強磁性層 2 6 との界面での交換結合による交換結合磁界により、例えば、強磁性層 2 5 の磁化 M_p の向きが y 方向に固定されている。強磁性層 2 5 は強磁性層間層 2 8 によって下層 2 5 a と上層 2 5 b とに分かれているが、強磁性層間層 2 8 は磁性を有しているため、下層 2 5 a と上層 2 5 b のそれぞれの磁化 M_p の向きは一体的に固定されている。また、磁区制御膜 3 0 a, 3 0 b の発生するバイアス磁界 H_b により、第 1 軟磁性層 2 2, 第 2 軟磁性層 2 3 および強磁性層間層 2 8 の磁化 M_f はバイアス磁界 H_b の方向（ここでは x 方向）に揃えられる。なお、バイアス磁界 H_b と強磁性層 2 5 の磁化 M_p の向きは互いにほぼ直交している。

【 0 0 4 9 】

情報を読み出す際には、積層体 2 0 に、リード層 3 3 a, 3 3 b を通じて定常電流である検出電流（センス電流）が例えばバイアス磁界 H_b の方向に流される。その際、電子の多くは、電気抵抗が低い第 1 軟磁性層 2 2 から強磁性層 2 5 の間において非磁性層 2 4 を中心として移動する。但し、ここでは、強磁性層間層 2 8 の電気抵抗が強磁性層 2 5 の下層 2 5 a よりも大きくなっているため、下層 2 5 a から強磁性層間層 2 8 に移動しようとする電子の少なくとも一部は、強磁性層間層 2 8 の表面で反射される。すなわち、電流は、主として第 1 軟磁性層 2 2, 第 2 軟磁性層 2 3, 非磁性層 2 4 および強磁性層 2 5 の下層 2 5 a において流れる。

【 0 0 5 0 】

磁気記録媒体 3 0 0 からの信号磁界を受けると、第 1 軟磁性層 2 2 および第 2 軟磁性層 2 3 における磁化 M_f の向きが変化する。強磁性層 2 5 の磁化 M_p の向きは、反強磁性層 2 6 により固定されているため、磁気記録媒体 3 0 0 からの信号磁界を受けても変化しない。第 1 軟磁性層 2 2 および第 2 軟磁性層 2 3 における磁化 M_f の向きが変化すると、積層体 2 0 を流れる電流は、第 1 軟磁性層 2 2 および第 2 軟磁性層 2 3 の磁化 M_f の向きと強磁性層 2 5 の磁化 M_p の向きとの相対角度に応じた抵抗を受ける。これは、非磁性層と磁性層との界面における電子の散乱の度合いが磁性層の磁化方向に依存するという「スピン依存散乱」と呼ばれる現象によるものである。この積層体 2 0 の抵抗の変化量は電圧の変化量と

して検出され、磁気記録媒体 3 0 0 に記録された情報が読みだされる。

【 0 0 5 1 】

ここで、強磁性層間層 2 8 が設けられていなければ、積層体 2 0 における主な電子の通路は図 7 において矢印 B で示す範囲、つまり第 1 軟磁性層 2 2，第 2 軟磁性層 2 3，非磁性層 2 4 および強磁性層 2 5 である。これに対し、本実施の形態では、第 1 軟磁性層 2 2 の中に強磁性層間層 2 8 が設けられているので、電子の主な通路は図 7 において矢印 A で示す範囲、つまり第 1 軟磁性層 2 2，第 2 軟磁性層 2 3，非磁性層 2 4 および下層 2 5 a に狭められる。さらに、強磁性層間層 2 8 で電子がスピンを保存したまま反射する。よって、電子が非磁性層界面に集中して「スピン依存散乱」に寄与する電子数が増加し、抵抗変化率が大きくなる。

【 0 0 5 2 】

また、強磁性層間層 2 8 は、添加物として、Mn，Cr，Ni，Cu，Rh，Ir および Pt からなる群のうち少なくとも 1 種を含んでいるので、積層体 2 0 の熱劣化が抑制される。更に、この強磁性層間層 2 8 の厚さが 0.5 nm 以上 1 nm 以下とされれば、下層 2 5 a と上層 2 5 b とを磁氣的に結合させつつ、大きな抵抗変化率が得られる。

【 0 0 5 3 】

<MR 素子および薄膜磁気ヘッドの製造方法>

続いて、図 8 ないし図 1 3 を参照して、MR 素子 1 1 0 および薄膜磁気ヘッド 1 0 0 の製造方法について説明する。なお、図 8，図 1 2 および図 1 3 は、図 4 における V-V 線に沿った断面構造を表している。また、図 9 ないし図 1 1 は、図 4 における VI-VI 線に沿った断面構造を表している。

【 0 0 5 4 】

本実施の形態に係る製造方法では、まず、図 8 に示したように、例えば、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ よりなる基体 2 1 1 の一側面上に、スパッタリング法により、絶縁層 1 1 を構成の欄で述べた材料を用いて形成する。次に、この絶縁層 1 1 の上に、例えば、めっき法により、下部シールド層 1 2 を構成の欄で述べた材料を用いて形成する。続いて、この下部シールド層 1 2 の上に、例えば、スパッタリン

グ法により、下部シールドギャップ層 13 を構成の欄で述べた材料を用いて形成する。そののち、この下部シールドギャップ層 13 の上に、積層体 20 を形成するための積層膜 20a を形成する。

【0055】

ここで、積層体 20 の形成工程について詳説する。まず、図 9 (A) に示したように、下部シールドギャップ層 13 の上に、例えば、スパッタリング法により、下地層 21 および第 1 軟磁性層 22、第 2 軟磁性層 23、非磁性層 24 および強磁性層 25 の下層 25a を構成の欄で説明した材料を用いて順次成膜する。なお、この工程は、例えば図示しない真空チャンバの中で、到達圧力 $1.3 \times 10^{-8} \text{ Pa} \sim 3.0 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ 、成膜圧力 $1.3 \times 10^{-3} \text{ Pa} \sim 1.3 \text{ Pa}$ 程度の真空のもとで行う。

【0056】

次いで、図 9 (B) に示したように、強磁性層 25 の下層 25a の表面に、例えば、スパッタリング法により、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, Ir および Pt からなる群のうちの少なくとも 1 種よりなる金属層 28a を、約 0.2 nm の厚さで形成する。なお、この金属層 28a は、下層 25a の全面を覆っている必要はなく、島状に形成されることにより、下層 25a の表面の一部が露出しているてもよい。

【0057】

続いて、図示しない真空チャンバ内に酸素ガスおよび窒素ガスのうちの少なくとも一方を導入し、真空度が $1.3 \times 10^{-3} \text{ Pa} \sim 10^5 \text{ Pa}$ 程度となるようにする。そののち、例えば、この酸素および窒素のうちの少なくとも一方を含む雰囲気中に、上記の金属層 28a に覆われた下層 25a の表面を 0.01 分～60 分間さらす。これにより、金属層 28a および下層 25a の一部が酸化、窒化、または酸化窒化され、強磁性層間層 28 が形成される。この強磁性層間層 28 の形成に伴い、下層 25a の厚さは最初に成膜した状態よりも薄くなる。なお、この酸化、窒化あるいは酸化窒化工程においては、真空チャンバ内の真空度を $1.3 \times 10^{-2} \text{ Pa} \sim 2.6 \times 10^4 \text{ Pa}$ とすればより好ましく、下層 25a の表面をさらす時間を 0.1 分～30 分間とすればより好ましい。膜厚の制御を容易に

することができ、良好な強磁性層間層 2 8 を容易に得ることができるからである。

【 0 0 5 8 】

強磁性層間層 2 8 を形成したのち、図 9 (C) に示したように、例えば、図示しない真空チャンバ内を再び減圧して高真空にし、スパッタリング法により、強磁性層間層 2 8 の上に強磁性層 2 5 の上層 2 5 b、反強磁性層 2 6 および保護層 2 7 を構成の欄で説明した材料を用いて順次成膜する。これにより、積層膜 2 0 a が形成される。その際、反強磁性層 2 6 を非熱処理系反強磁性材料により構成する場合には、例えば、y 方向に磁場を印加した状態で反強磁性層 2 6 を形成する。これにより、強磁性層 2 5 の磁化の方向は、反強磁性層 2 6 との交換結合によって印加磁場の方向 y に固定される。

【 0 0 5 9 】

そののち、図 1 0 (A) に示したように、例えば、保護層 2 7 の上に、積層体 2 0 の形成予定領域に対応してフォトレジスト膜 4 0 1 を選択的に形成する。なお、このフォトレジスト膜 4 0 1 は、後述するリフトオフを容易に行うことができるように、例えば、保護膜 2 7 との界面に溝を形成し、断面形状を T 型とすることが好ましい。フォトレジスト膜 4 0 1 を形成したのち、例えば、イオンミリング法により、フォトレジスト膜 4 0 1 をマスクとして、積層膜 2 0 a (すなわち、保護層 2 7、反強磁性層 2 6、強磁性層間層 2 8、強磁性層 2 5、非磁性層 2 4、第 2 軟磁性層 2 3、第 1 軟磁性層 2 2 および下地層 2 1) をエッチングする。これにより、図 1 0 (B) に示したような積層体 2 0 が形成される。

【 0 0 6 0 】

積層体 2 0 を形成したのち、図 1 1 (A) に示したように、例えば、スパッタリング法により、積層体 2 0 の両側に、磁区制御用強磁性膜 3 1 a、3 1 b および磁区制御用反強磁性膜 3 2 a、3 2 b をそれぞれ順次形成する。その際、磁区制御用反強磁性膜 3 2 a、3 2 b を非熱処理系反強磁性材料により構成する場合には、例えば、x 方向に磁場を印加した状態で磁区制御用反強磁性膜 3 2 a、3 2 b をそれぞれ形成する。これにより、磁区制御用強磁性膜 3 1 a、3 1 b の磁化の方向は、磁区制御用反強磁性膜 3 2 a、3 2 b との交換結合によって印加磁

場の方向xに固定される。

【0061】

磁区制御膜30a, 30bをそれぞれ形成したのち、同じく図11(A)に示したように、例えば、スパッタリング法により、磁区制御用反強磁性膜32a, 32bの上に、リード層33a, 33bをそれぞれ形成する。そののち、例えば、リフトオフ処理によって、フォトレジスト膜401とその上に積層されている堆積物402(磁区制御用強磁性膜、磁区制御用反強磁性膜およびリード層の各材料)を除去する。

【0062】

リフトオフ処理を行ったのち、図11(B)および図12(A)に示したように、例えば、スパッタリング法により、下部シールドギャップ層13および積層体20を覆うように、上部シールドギャップ層14を構成の欄で説明した材料を用いて形成する。これにより、積層体20は下部シールドギャップ層13と上部シールドギャップ層14との間に埋設される。そののち、上部シールドギャップ層14の上に、例えば、スパッタリング法により、上部シールド層15を構成の欄で説明した材料を用いて形成する。

【0063】

上部シールド層15を形成したのち、図12(B)に示したように、例えば、スパッタリング法により、上部シールド層15の上に、記録ギャップ層41を構成の欄で説明した材料を用いて形成し、この記録ギャップ層41の上に、フォトレジスト層42を所定のパターンに形成する。フォトレジスト層42を形成したのち、このフォトレジスト層42の上に、薄膜コイル43を構成の欄で説明した材料を用いて形成し、この薄膜コイル43を覆うようにフォトレジスト層44を所定のパターンに形成する。フォトレジスト層44を形成したのち、このフォトレジスト層44の上に、薄膜コイル45を構成の欄で説明した材料を用いて形成し、この薄膜コイル45を覆うようにフォトレジスト層46を所定のパターンに形成する。

【0064】

フォトレジスト層46を形成したのち、図13(A)に示したように、例えば

、薄膜コイル 4 3, 4 5 の中心部に対応する位置において、記録ギャップ層 4 1 を部分的にエッチングし、磁路形成のための開口部 4 1 a を形成する。そののち、例えば、記録ギャップ層 4 1、開口部 4 1 a、フォトレジスト層 4 2, 4 4, 4 6 の上に上部磁極 4 7 を構成の欄で説明した材料を用いて形成する。上部磁極 4 7 を形成したのち、例えば、この上部磁極 4 7 をマスクとして、イオンミリングにより、記録ギャップ層 4 1 および上部シールド層 1 5 を選択的にエッチングする。そののち、図 1 3 (B) に示したように、上部磁極 4 7 の上に、オーバーコート層 4 8 を構成の欄で説明した材料を用いて形成する。

【 0 0 6 5 】

オーバーコート層 4 8 を形成したのち、例えば、積層体 2 0 の反強磁性層 2 6 および磁区制御用強磁性膜 3 1 a, 3 1 b を熱処理系反強磁性材料によりそれぞれ構成する場合には、それらの磁界の方向を固定するための反強磁性化処理を行う。具体的には、反強磁性層 2 6 と強磁性層 2 5 とのブロッキング温度（界面で交換結合が生じうる温度）が磁区制御用反強磁性膜 3 2 a, 3 2 b と磁区制御用強磁性膜 3 1 a, 3 1 b とのブロッキング温度よりも高い場合には、磁界発生装置等を利用して例えば y 方向に磁場を印加した状態で、反強磁性層 2 6 と強磁性層 2 5 とのブロッキング温度での加熱を行う。これにより、強磁性層 2 5 の磁化の方向は、反強磁性層 2 6 との交換結合によって印加磁場の方向 y に固定される。続いて、薄膜磁気ヘッド 1 0 0 を磁区制御用反強磁性膜 3 2 a, 3 2 b と磁区制御用強磁性膜 3 1 a, 3 1 b とのブロッキング温度まで冷却し、例えば x 方向に磁場を印加する。これにより、磁区制御用強磁性膜 3 1 a, 3 1 b の磁化の方向は、磁区制御用反強磁性膜 3 2 a, 3 2 b との交換結合によって印加磁場の方向 x にそれぞれ固定される。

【 0 0 6 6 】

なお、反強磁性層 2 6 と強磁性層 2 5 とのブロッキング温度が磁区制御用反強磁性膜 3 2 a, 3 2 b と磁区制御用強磁性膜 3 1 a, 3 1 b とのブロッキング温度よりも低い場合には、上の作業順序は逆になる。また、反強磁性層 2 6 または磁区制御用反強磁性膜 3 2 a, 3 2 b を非熱処理系反強磁性材料により構成する場合には、この熱処理を行う必要がない。更に、ここではオーバーコート層 4 8

を形成したのちに反強磁性化のための熱処理を行うようにしたが、強磁性層 2 5 および反強磁性層 2 6 を成膜したのちオーバーコート層 4 8 を形成する前に行うようにしてもよく、また磁区制御膜 3 0 a, 3 0 b を成膜したのちオーバーコート層 4 8 を形成する前に行うようにしてもよい。

【0067】

最後に、例えば、スライダの機械加工により、エアベアリング面を形成し、図 3 ないし図 5 に示した薄膜磁気ヘッド 1 0 0 が完成する。

【0068】

<第 1 の実施の形態による効果>

このように本実施の形態によれば、強磁性層 2 5 の中に強磁性層間層 2 8 を設け、その強磁性層間層 2 8 が Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, Ir および Pt からなる群のうち少なくとも 1 種を含むようにしたので、積層体 2 0 の抵抗変化率を大きくすることができ、かつ、積層体 2 0 の熱劣化を抑制することができる。よって、薄膜磁気ヘッド 1 0 0 を製造する工程において、積層体 2 0 に長時間の熱処理が施されても抵抗変化率の低下が少なく、大きな抵抗変化率を維持することが可能になる。

【0069】

なお、強磁性層間層 2 8 の厚さを 0.5 nm 以上 1.0 nm 以下とするようにすれば、強磁性層 2 5 の下層 2 5 a と上層 2 5 a とを磁氣的に一体化させつつ、より大きな抵抗変化率を得ることができる。

【0070】

また、強磁性層間層 2 8 を形成する工程において、強磁性層 2 5 の下層 2 5 a の表面に Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, Ir および Pt からなる群のうち少なくとも 1 種よりなる金属層 2 8 a を形成し、この金属層 2 8 a および強磁性層 2 5 の一部を共に酸化、窒化または酸化および窒化することにより強磁性層間層 2 8 を形成するようにすれば、Mn などの添加物を含有した強磁性層間層 2 8 を容易に得ることができる。

【0071】

[第 1 の実施の形態の変形例]

また、図 1 4 を参照して、第 1 の実施の形態に関する変形例について説明する。

【 0 0 7 2 】

図 1 4 は、変形例における積層体 2 0 の構成を表すものである。この変形例における積層体 2 0 では、強磁性層 2 5 に強磁性層間層 2 8 が設けられ、かつ、第 1 軟磁性層 2 2 に軟磁性層間層 2 9 が設けられている。この積層体 2 0 では、第 1 軟磁性層 2 2 が積層方向において下層 2 2 a と上層 2 2 b とに分割されており、下層 2 2 a と上層 2 2 b との間、すなわち第 1 軟磁性層 2 2 の中に、本発明における「層間層」の一具体例に対応する軟磁性層間層 2 9 が設けられている。軟磁性層間層 2 9 は、第 1 軟磁性層 2 2 よりも電気抵抗が大きく、かつ、磁性を有しており、積層体 2 0 の抵抗変化率を更に大きくするようになっている。

【 0 0 7 3 】

軟磁性層間層 2 9 は、例えば、酸化物、窒化物または酸化窒化物のうちの少なくとも 1 種を含んでいることが好ましい。磁氣的に安定であり、出力変動を小さくすることができるからである。また、この軟磁性層間層 2 9 は、第 1 軟磁性層 2 2 の構成元素のうちの少なくとも 1 種を含んでいることが好ましい。第 1 軟磁性層 2 2 の一部を酸化、窒化あるいは酸化および窒化することにより、良好な軟磁性層間層 2 9 を容易に得ることができるからである。

【 0 0 7 4 】

なお、軟磁性層間層 2 9 は、第 2 軟磁性層 2 3 の中に設けてもよいし、第 1 軟磁性層 2 2 と第 2 軟磁性層 2 3 との間に設けてもよい。軟磁性層間層 2 9 を第 2 軟磁性層 2 3 の中に設けるようにした場合、軟磁性層間層 2 9 は、第 2 軟磁性層 2 3 の構成元素のうちの少なくとも 1 種を含んでいることが好ましい。第 2 軟磁性層 2 3 の一部を酸化、窒化あるいは酸化および窒化することにより、良好な軟磁性層間層 2 9 を容易に得ることができるからである。また、軟磁性層間層 2 9 を第 1 軟磁性層 2 2 と第 2 軟磁性層 2 3 との間に設けるようにした場合には、軟磁性層間層 2 9 は、第 1 軟磁性層 2 2 および第 2 軟磁性層 2 3 の少なくとも一方の構成元素の少なくとも 1 種を含んでいることが好ましい。第 1 軟磁性層 2 2 および第 2 軟磁性層 2 3 の少なくとも一方を酸化、窒化あるいは酸化および窒化す

ることにより、良好な軟磁性層間層 2 9 を容易に得ることができるからである。

【0 0 7 5】

また、軟磁性層間層 2 9 が、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, Ir および Pt からなる群のうち少なくとも 1 種を含むようにしてもよいし、含まないようにしてもよい。

【0 0 7 6】

〔第 2 の実施の形態〕

更に、図 1 5 を参照して、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。本実施の形態は、積層体の構成が異なることを除き、第 1 の実施の形態と同一の構成を有している。よって、ここでは、同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【0 0 7 7】

図 1 5 は、本実施の形態における積層体 5 0 の構成を表すものである。この積層体 5 0 は、第 1 の実施の形態における強磁性層間層 2 8 に代えて強磁性層間層 5 9 を備えると共に、この強磁性層間層 5 9 に隣接して反強磁性層 2 6 の側に挿入層 6 0 を備えたことを除き、第 1 の実施の形態における積層体 2 0 と同一の構成を有している。強磁性層間層 5 9 は、例えば、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, Ir および Pt からなる群のうち少なくとも 1 種を含んで構成されていなくてもよいことを除き、強磁性層間層 2 8 と同一の構成を有している。

【0 0 7 8】

挿入層 6 0 は、積層体 5 0 の熱安定性を向上させるためのものであり、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, Ir および Pt からなる群のうち少なくとも 1 種を含んで構成されている。なお、この挿入層 6 0 は、本発明における「熱安定化促進層」の一具体例に対応している。挿入層 6 0 の厚さは、例えば、0.03 nm より厚く 0.6 nm よりも薄いことが望ましい。厚さが 0.03 nm 以下だと熱安定性を十分に向上させることができず、0.6 nm 以上だと抵抗変化率が小さくなってしまうからである。

【0 0 7 9】

なお、本実施の形態では、挿入層 6 0 を強磁性層間層 5 9 の反強磁性層 2 6 の

側に設けるようにしたが、非磁性層 2 4 の側に設けるようにしてもよく、両側に設けるようにしてもよい。また、本実施の形態では、挿入層 6 0 を強磁性層間層 5 9 に隣接して設けるようにしたが、強磁性層間層 5 9 と離間して設けるようにしてもよい。すなわち、挿入層 6 0 は、強磁性層間層 5 9 の非磁性層 2 4 と反対側および強磁性層間層 5 9 と非磁性層 2 4 との間の少なくとも一方に設けられていけばよい。

【0080】

この積層体 5 0 は、次のようにして製造することができる。まず、例えば第 1 の実施の形態と同様にして、下地層 2 1，第 1 軟磁性層 2 2，第 2 軟磁性層 2 3，非磁性層 2 4 および強磁性層 5 5 の下層 5 5 a を順次積層する。次いで、例えば第 1 の実施の形態と同様にして、下層 5 5 a の表面を酸化、窒化あるいは酸化および窒化处理し、強磁性層間層 5 9 を形成する。続いて、強磁性層間層 5 9 の上に、例えばスパッタリング法により、挿入層 6 0 を形成する。そののち、挿入層 6 0 の上に、例えば第 1 の実施の形態と同様にして、強磁性層 5 5 の上層 5 5 b、反強磁性層 2 6 および保護層 2 7 を順次形成する。これにより、図 1 5 に示した積層体 5 0 が得られる。

【0081】

このように本実施の形態によれば、Mn，Cr，Ni，Cu，Rh，Ir および Pt からなる群の少なくとも 1 種を含む挿入層 6 0 を備えるようにしたので、第 1 の実施の形態と同様に、熱劣化を抑制することができる。

【0082】

なお、強磁性層間層 5 9 の厚さを 0.03 nm より厚く 0.6 nm よりも薄くするようにすれば、抵抗変化率を大きな値に保ちつつ、熱劣化を抑制することができる。

【0083】

なお、挿入層 6 0 が、Mn，Cr，Ni，Cu，Rh，Ir および Pt からなる群のうちの複数の元素を含む場合には、挿入層 6 0 を、複数の層を積層した構造としても良い。

【0084】

また、第1の実施の形態の変形例と同様、図16に示したように、第1軟磁性層22の中に軟磁性層間層29を設けても良い。あるいは、第2軟磁性層23の中または第1軟磁性層22と第2軟磁性層23との間に軟磁性層間層29を設けても良い。いずれの場合も、軟磁性層間層29は、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, IrおよびPtからなる群のうち少なくとも1種を含むようにしても良いし、含まないようにしても良い。また、軟磁性層間層29の非磁性層24とは反対の側および軟磁性層間層29と非磁性層24との間の少なくとも一方に、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, IrおよびPtからなる群のうち少なくとも1種を含む挿入層を設けても良い。

【0085】

【実施例】

また、本発明の具体的な実施例について詳細に説明する。

【0086】

[実施例1～10]

実施例1～10として、図7に示した積層体20を、表1に示したように強磁性層間層28の添加物を変えて作製した。まず、表面に Al_2O_3 膜が形成された $Al_2O_3 \cdot TiC$ よりなる絶縁性基板の上に、スパッタリング法により、Taを用いて厚さ3nmの下地層21を成膜し、その上に、NiFeを用いて厚さ2nmの第1の軟磁性層22を成膜した。その上に、CoFeを用いて厚さ2nmの第2軟磁性層23を成膜し、その上に、Cuを用いて厚さ2.1nmの非磁性層24を成膜し、その上に、CoFeを用いて下層25aを成膜した。下層25aの厚さは、後の酸化処理により酸化される分を予め加味し、酸化処理後の厚さが1.8nmとなるようにした。

【0087】

次いで、下層25aの上に、スパッタリング法により表1に示した材料を用いて厚さ0.2nmの金属層28aを形成し、この金属層28aと下層25aとを酸化して厚さ0.9nmの強磁性層間層28を形成した。なお、実施例8～10では、金属層28aを形成する際に、それらの合金板をターゲットとして用いた

。また、強磁性層間層 2 8 の厚さは、透過型電子顕微鏡（TEM：Transmission Electron Microscope）により観察したものである。続いて、強磁性層間層 2 8 の上に、CoFeを用いて厚さ 1 nm の上層 2 5 a を形成し、その上に、PtMnを用いて 1 3 nm の反強磁性層 2 6 を成膜し、その上に、Taを用いて厚さ 3 nm の保護層 2 7 を成膜した。熱処理系反強磁性材料（PtMn）を用いて反強磁性層 2 6 を形成するようにしたので、成膜ののち熱処理により反強磁性処理をそれぞれ行った。

【0088】

【表 1】

		添加元素	抵抗変化率（％）				
			初期特性	熱処理時間			
				5h	10h	20h	60h
実施例	1	Mn	11.3	11.2	11.0	10.5	9.0
	2	Cr	11.5	11.3	11.1	10.6	9.2
	3	Ni	11.4	11.2	10.9	10.1	8.5
	4	Cu	11.0	10.8	10.6	9.6	7.9
	5	Rh	11.1	10.9	10.5	10.0	8.5
	6	Ir	11.1	10.8	10.4	9.7	8.4
	7	Pt	11.5	11.4	11.0	10.5	9.0
	8	Rh,Mn	11.4	11.2	10.9	10.2	8.7
	9	Pt,Cr	11.3	11.1	10.6	10.0	8.0
	10	Pt,Mn	11.7	11.6	11.4	10.9	9.6
比較例 1		添加元素なし	11.5	11.2	10.7	9.5	6.4

【0089】

このようにして作製した実施例 1～10 の積層体 20 について、真空中において 250℃ で 5 時間の熱処理を行ったのち、抵抗変化率を測定し、これを初期特性値とした。次いで、これら積層体 20 について、真空中における 250℃ での熱処理を更に行い、5 時間後、10 時間後、20 時間後および 60 時間後の抵抗変化率を測定した。なお、この加熱時間は、5 時間の熱処理後からの時間である。また、これらの結果に基づいて、5 時間熱処理後の初期特性値に対する劣化率

をそれぞれ求めた。この劣化率は、各熱処理後の抵抗変化率を初期特性値で割り 100 を掛けた値である。それらの結果を表 1 にそれぞれ示す。なお、本実施例に対する比較例として、強磁性層間層 28 が添加物を添加しないことを除き、本実施例と同一の条件で積層体を作製した。この比較例についても、本実施例と同様にしてその熱劣化特性をそれぞれ調べた。その結果も表 1 および表 2 に合わせて示す。

【0090】

【表 2】

		添加元素	劣化率 (%)				
			初期特性	熱処理時間			
				5h	10h	20h	60h
実施例	1	Mn	100	99.1	97.3	92.9	80.0
	2	Cr	100	98.3	96.5	92.2	80.3
	3	Ni	100	98.2	95.6	88.6	74.6
	4	Cu	100	98.2	96.4	87.3	71.8
	5	Rh	100	98.2	94.6	89.6	76.6
	6	Ir	100	97.3	93.7	87.4	75.7
	7	Pt	100	99.1	95.7	91.3	78.3
	8	Rh,Mn	100	98.2	95.6	89.5	76.3
	9	Pt,Cr	100	98.2	93.8	88.5	70.8
	10	Pt,Mn	100	99.1	97.4	93.2	82.1
比較例 1		添加元素なし	100	97.4	93.0	82.6	55.7

【0091】

表 1 および表 2 から分かるように、本実施例によれば、60 時間熱処理を行っても劣化率は 70 % 以上であり、比較例の劣化率 55.7 % よりも大きな値を得ることができた。すなわち、強磁性層間層 28 に Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, Ir および Pt からなる群のうち少なくとも 1 種を含ませるようにすれば、熱劣化を抑制できることが分かった。

【0092】

[実施例 11 ~ 18]

実施例 1 1 ~ 1 8 として、図 1 6 に示した積層体 5 0 を、表 3 に示したように挿入層 6 0 の材質を変えて作製した。まず、表面に Al_2O_3 膜が形成された $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ よりなる絶縁性基板の上に、スパッタリング法により、Ta を用いて厚さ 3 nm の下地層 2 1 を成膜し、その上に、NiFe を用いて下層 2 2 a を成膜した。下層 2 2 a の厚さは、後の酸化処理により酸化される分を予め加味し、酸化処理後の厚さが 2. 0 nm となるようにした。次いで、下層 2 2 a の表面を酸化し、厚さ 0. 6 nm の軟磁性層間層 2 9 を形成した。なお、軟磁性層間層 2 9 の厚さは、TEM により観察したものである。続いて、軟磁性層間層 2 9 の上に、スパッタリング法により、NiFe を用いて厚さ 0. 5 nm の上層 2 2 b を成膜し、その上に、CoFe を用いて厚さ 1. 5 nm の第 2 軟磁性層 2 3 を成膜し、その上に、Cu を用いて厚さ 2. 1 nm の非磁性層 2 4 を成膜し、その上に、CoFe を用いて下層 5 5 a を成膜した。下層 5 5 a の厚さは、後の酸化処理により酸化される分を予め加味し、酸化処理後の厚さが 1. 8 nm となるようにした。

【0093】

【表 3】

		挿入層 材質	抵抗変化率 (%)				
			初期特性	熱処理時間			
				5h	10h	20h	60h
実施例	11	Mn	13.5	13.3	12.9	12.2	10.7
	12	Cr	13.6	13.2	12.8	12.1	10.5
	13	Rh	13.4	13.2	12.8	12.0	10.0
	14	Pt	13.7	13.5	13.0	12.4	10.4
	15	NiFe	13.5	13.2	12.7	11.9	10.5
	16	RhMn	13.3	12.9	12.5	11.7	9.9
	17	IrMn	13.4	13.0	12.5	11.7	9.7
	18	PtMn	13.6	13.4	13.0	12.5	11.0
比較例 2		挿入なし	13.6	13.3	12.4	11.0	7.7

【 0 0 9 4 】

下層 5 5 a を形成したのち、下層 5 5 a の表面を酸化し、厚さ 0 . 9 n m の強磁性層間層 5 9 を形成した。なお、強磁性層間層 5 9 の厚さは、T E M により観察したものである。そののち、強磁性層間層 5 9 の上に、表 2 に示した材料を用いて、厚さ 0 . 2 n m の挿入層 6 0 を成膜し、その上に、C o F e を用いて厚さ 1 n m の上層 5 5 b を成膜し、その上に、P t M n を用いて 1 3 n m の反強磁性層 2 6 を成膜し、その上に、T a を用いて厚さ 3 n m の保護層 2 7 を成膜した。保護層 2 7 を形成したのち、反強磁性層 2 6 を熱処理系反強磁性材料（P t M n）を用いて形成したので、熱処理により反強磁性処理を行った。

【 0 0 9 5 】

このようにして作製した実施例 1 1 ～ 1 8 の積層体 5 0 について、実施例 1 ～ 1 0 と同様にして熱劣化特性を調べた。それらの結果を表 3 および表 4 にそれぞれ示す。なお、本実施例に対する比較例として、層間層 6 0 を設けないことを除き、本実施例と同一の条件で積層体を作製した。この比較例についても、本実施例と同様にしてその熱劣化特性を調べた。その結果も、表 3 および表 4 に合わせて示す。

【 0 0 9 6 】

【表 4】

		挿入層 材質	劣化率 (%)				
			初期特性	熱処理時間			
				5h	10h	20h	60h
実施例	11	Mn	100	98.5	95.6	90.4	79.3
	12	Cr	100	97.1	94.1	89.0	77.2
	13	Rh	100	98.5	95.5	89.6	74.6
	14	Pt	100	98.5	94.9	90.5	75.9
	15	NiFe	100	97.8	94.1	88.1	77.8
	16	RhMn	100	97.0	94.0	88.0	74.4
	17	IrMn	100	97.0	93.3	87.3	72.4
	18	PtMn	100	98.5	95.6	91.9	80.9
比較例 2		挿入なし	100	97.8	91.2	80.9	56.6

【 0 0 9 7 】

表 3 および表 4 から分かるように、本実施例によれば、60 時間熱処理を行っても劣化率は 72 % 以上であり、比較例の劣化率 56.6 % よりも大きな値を得ることができた。すなわち、Mn, Cr, Ni, Cu, Rh, Ir および Pt からなる群のうち少なくとも 1 種を含む挿入層 60 を設けるこようにすれば、熱劣化を抑制できることが分かった。

【 0 0 9 8 】

【実施例 19～26】

次に、実施例 19～26 として、図 16 に示した積層体 50 を、挿入層 60 の材質および厚さを表 5 に示したように変化させたことを除き、実施例 11～18 と同様にして作製した。作製した実施例 19～26 のの積層体 50 について、実施例 1～10 と同様にして熱劣化特性を調べた。それらの結果を表 5 および表 6 にそれぞれ示す。なお、表 5 および表 6 には、表 3 および表 4 で示した比較例の結果について合わせて示す。

【0099】

【表5】

		挿入層 材質	挿入層厚 (nm)	抵抗変化率 (%)				
				初期特性	熱処理時間			
					5h	10h	20h	60h
実施例	19	Mn	0.03	13.4	13.0	12.2	10.6	7.4
	20	Mn	0.2	13.5	13.3	12.9	12.2	10.7
	21	Mn	0.4	12.2	12.0	11.4	10.8	9.9
	22	Mn	0.6	9.5	9.3	9.0	8.5	6.7
	23	PtMn	0.03	13.7	13.3	12.4	10.8	8.2
	24	PtMn	0.2	13.6	13.4	13.0	12.5	11.0
	25	PtMn	0.4	12.7	12.4	12.1	11.5	10.1
	26	PtMn	0.6	10.1	9.9	9.5	8.9	7.5
比較例3		挿入なし	0	13.6	13.3	12.4	11.0	7.7

【0100】

【表6】

		挿入層 材質	挿入層厚 (nm)	劣化率 (%)				
				初期特性	熱処理時間			
					5h	10h	20h	60h
実施例	19	Mn	0.03	100	97.0	91.0	79.1	55.2
	20	Mn	0.2	100	98.5	95.6	90.4	79.3
	21	Mn	0.4	100	98.4	93.8	88.5	81.1
	22	Mn	0.6	100	97.9	94.7	89.5	70.5
	23	PtMn	0.03	100	97.1	90.5	78.8	59.9
	24	PtMn	0.2	100	98.5	95.6	91.9	80.9
	25	PtMn	0.4	100	97.6	95.3	90.6	79.5
	26	PtMn	0.6	100	98.0	94.1	88.1	74.3
比較例3		挿入なし	0	100	97.8	91.2	80.9	56.6

【0101】

表5および表6から分かるように、挿入層60の厚さが0.03nmのときには、比較例と同程度の熱劣化特性しか得られないのに対して、挿入層60の厚さが0.03nmよりも厚いときには、比較例に比べて熱劣化特性を大幅に改善できた。また、挿入層60の厚さが0.6nmのときには、抵抗変化率が比較例よりも小さくなってしまったのに対して、挿入層60の厚さが0.6nmよりも薄いときには、比較例とほぼ同等の値が得られた。

【0102】

すなわち、挿入層60の厚さを0.03nmより厚くすれば、抵抗変化率の熱劣化をより効率的に抑えることができ、挿入層60の厚さを0.6nmより薄くすれば、抵抗変化率を大きく保持できることが分かった。

【0103】

なお、上記実施例では、いくつかの例を挙げて具体的に説明したが、他の構成を有する積層体についても層間層にMn, Cr, Ni, Cu, Rh, IrおよびPtからなる群のうち少なくとも1種を含ませるようにすれば、または、挿入層を設けるようにすれば、同様の結果を得ることができる。

【0104】

以上、いくつかの実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態および実施例に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、強磁性層の中には強磁性層間層を設けず、軟磁性層の中に軟磁性層間層を設け、その軟磁性層間層が添加物を含むようにした構成も可能である。この場合、軟磁性層間層に添加物を含ませる代わりに、軟磁性層間層の非磁性層と反対側および強磁性層間層と非磁性層との間のうちの少なくとも一方に挿入層を設けるようにしてもよい。

【0105】

また、軟磁性層の中に軟磁性層間層を設け、強磁性層の中に強磁性層間層を設けた場合には、強磁性層間層が添加物を含むようにし、軟磁性層間層の非磁性層と反対側および軟磁性層間層と非磁性層との間のうちの少なくとも一方に挿入層を設けるようにしてもよい。また、強磁性層間層が添加物を含まないようにし、

軟磁性層間層が添加物を含むようにした構成も可能である。この場合、軟磁性層間層に添加物を含ませる代わりに、軟磁性層間層の非磁性層と反対側および強磁性層間層と非磁性層との間のうちの少なくとも一方に挿入層を設けるようにしてもよい。

【0106】

また、上記実施の形態および実施例では、第1軟磁性層22、52、第2軟磁性層23、非磁性層24、強磁性層25、55および反強磁性層26を下から順に積層した場合について説明したが、逆に反強磁性層26の方から順に積層するようにしてもよい。すなわち、本発明は、一对の対向する面を有する非磁性層と、この非磁性層の一方の面側に形成された軟磁性層と、非磁性層の他方の面側に形成された強磁性層と、この強磁性層の非磁性層とは反対の側に形成された反強磁性層とを有する場合において広く適用することができる。

【0107】

また、上記実施の形態および実施例では、軟磁性層が第1軟磁性層と第2軟磁性層との2層構造を有する場合について説明したが、軟磁性層は単層構造とされていてもよく、また3層以上の積層構造であっても良い。

【0108】

また、図6に示した磁区制御膜30a、30bとしては、磁区制御用強磁性膜31a、31bと磁区制御用反強磁性膜32a、32bに代えて、硬磁性材料を用いてもよい。この場合には、TiW層とCoPt層との積層膜、あるいはTiW層とCoCrPt層との積層膜などを用いることができる。

【0109】

また、上記の実施の形態では、反強磁性層26および磁区制御用反強磁性層32a、32bを、いずれも、熱処理系反強磁性材料により形成したが、反強磁性層26を熱処理系反強磁性材料により形成し、磁区制御用反強磁性層32a、32bを非熱処理系反強磁性材料により形成しても良い。また、反強磁性層26を非熱処理系反強磁性材料により形成し、磁区制御用反強磁性層32a、32bを熱処理系反強磁性材料により形成しても良い。あるいは、反強磁性層26および磁区制御用反強磁性層32a、32bを、いずれも、非熱処理系反強磁性材料に

より形成しても良い。

【0 1 1 0】

更に、上記実施の形態では、本発明の磁気変換素子を複合型薄膜磁気ヘッドに用いる場合について説明したが、再生専用の薄膜磁気ヘッドに用いることも可能である。また、記録ヘッド部と再生ヘッド部の積層順序を逆にしても良い。

【0 1 1 1】

加えて、本発明の磁気変換素子の構成は、トンネル接合型磁気抵抗効果膜（TMR膜）に適用しても良い。更にまた、本発明の磁気変換素子は、上記実施の形態で説明した薄膜磁気ヘッドのほかに、例えば、磁気信号を検知するセンサ（加速度センサなど）や、磁気信号を記憶するメモリ等に適用することも可能である。

【0 1 1 2】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1または請求項4ないし請求項9のいずれか1に記載の磁気変換素子、請求項10記載の薄膜磁気ヘッド、請求項11または請求項12に記載の磁気変換素子の製造方法、または請求項14記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に層間層を設け、その層間層が、磁性を有すると共に、前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きく、かつ、Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、IrおよびPtからなる群のうち少なくとも1種を含むようにしたので、抵抗変化率を大きくすることができ、かつ、高い熱安定性を得ることができるという効果を奏する。

【0 1 1 3】

また、請求項2、請求項3または請求項5ないし請求項9のいずれか1に記載の磁気変換素子、請求項10記載の薄膜磁気ヘッド、請求項13記載の磁気変換素子の製造方法、または請求項14記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に、磁性を有し前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きい層間層を設け、その層間層と非磁性層との間および層間層の非磁性層とは反対の側のうちの少なくとも一方に、

Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種を含む挿入層を形成したので、抵抗変化率を大きくすることができ、かつ、高い熱安定性を得ることができるという効果を奏する。

【0114】

加えてまた、請求項4ないし請求項9のいずれか1に記載の磁気変換素子、または請求項10に記載の薄膜磁気ヘッドによれば、軟磁性層および強磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層中に、磁性を有し、かつ前記磁性層の少なくとも一部よりも電気抵抗が大きい層間層を形成し、この層間層と非磁性層との間および層間層の非磁性層とは反対の側のうちの少なくとも一方に熱安定化促進層を形成したので、抵抗変化率を大きくすることができ、かつ、高い熱安定性を得ることができるという効果を奏する。

【0115】

特に、請求項3ないし請求項9に記載の磁気変換素子、または請求項10に記載の薄膜磁気ヘッドによれば、挿入層の厚さを0.03nmより厚く0.6nmよりも薄くするようにしたので、大きな抵抗変化率を維持しつつ、高い熱安定性を得ることができるという効果を奏する。

【0116】

また、請求項5ないし請求項9に記載の磁気変換素子、または請求項10に記載の薄膜磁気ヘッドによれば、層間層の厚さを0.5nm以上1.0nm以下とするようにしたので、磁性層を磁氣的に一体化させつつ、より大きな抵抗変化率を得ることができるという効果を奏する。

【0117】

更に、請求項12に記載の磁気変換素子の製造方法、または請求項14に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁性層に、Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種よりなる金属層を形成し、前記磁性層の一部および金属層を、酸化、窒化、または酸化および窒化することにより層間層を形成するようにしたので、簡単な方法で層間層を得ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係る磁気変換素子を含む薄膜磁気ヘッドを備えたアクチュエータアームの構成を表す斜視図である。

【図 2】

図 1 に示したアクチュエータアームにおけるスライダの構成を表す斜視図である。

【図 3】

第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を表す分解斜視図である。

【図 4】

図 3 に示した薄膜磁気ヘッドの I V 矢視方向から見た構造を表す平面図である。

【図 5】

図 3 に示した薄膜磁気ヘッドの図 4 における V - V 線に沿った矢視方向の構造を表す断面図である。

【図 6】

図 3 に示した薄膜磁気ヘッドの図 4 における V I - V I 線に沿った矢視方向の構造、すなわち図 5 における V I - V I 線に沿った矢視方向の構造を表す断面図である。

【図 7】

図 6 に示した磁気変換素子における積層体の構成を表す斜視図である。

【図 8】

図 3 に示した薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 9】

図 8 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 0】

図 9 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 1】

図 1 0 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 2】

図 1 1 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 3】

図 1 2 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 4】

第 1 の実施の形態の変形例に係る磁気変換素子における積層体の構成を表す斜視図である。

【図 1 5】

第 2 の実施の形態に係る磁気変換素子における積層体の構成を表す斜視図である。

【図 1 6】

第 2 の実施の形態に係る磁気変換素子における積層体の構成の他の例を表す斜視図である。

【図 1 7】

従来の磁気変換素子における積層体の構成を表す斜視図である。

【符号の説明】

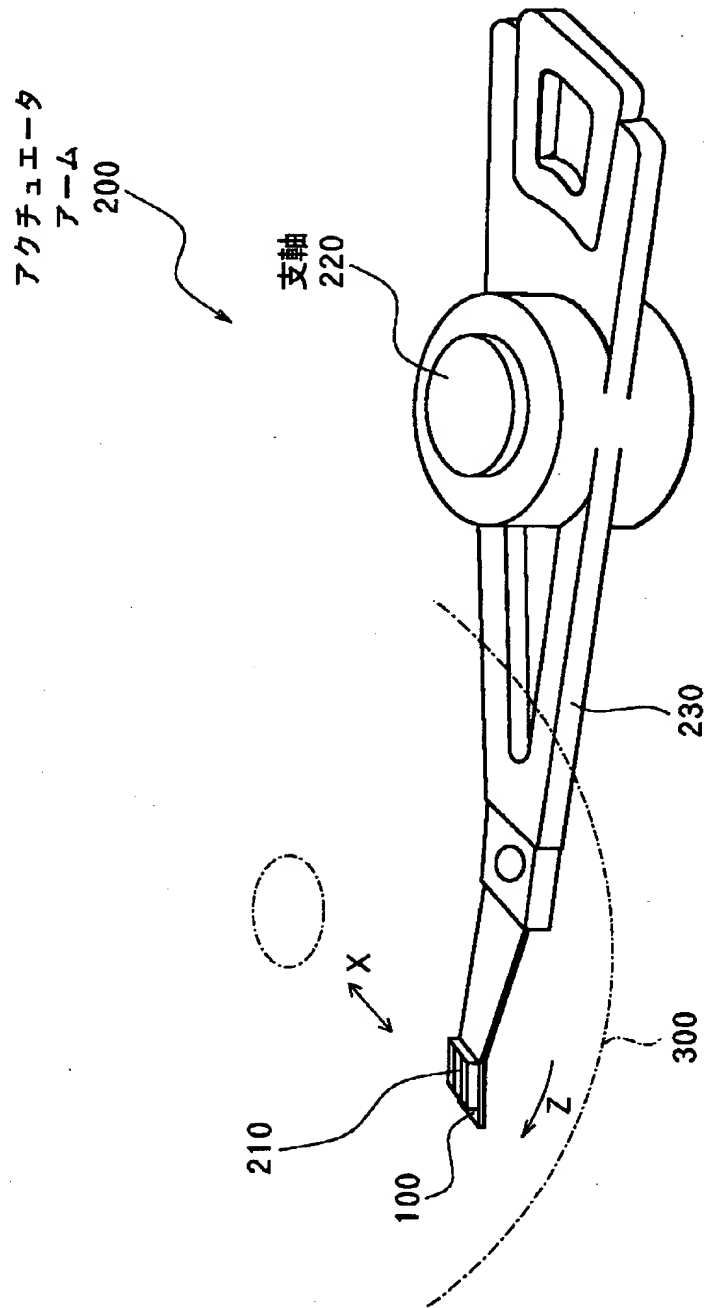
1 1 …絶縁層、1 2 …下部シールド層、1 3 …下部シールドギャップ層、1 4 …上部シールドギャップ層、1 5 …上部シールド層、2 0, 5 0 …積層体、2 1 …下地層、2 2 …第 1 軟磁性層、2 2 a …下層、2 2 b …上層、2 3 …第 2 軟磁性層、2 4 …非磁性層、2 5, 5 5 …強磁性層、2 6 …反強磁性層、2 7 …保護層、2 8 …強磁性層間層、2 9 …軟磁性層間層、3 0 a, 3 0 b …磁区制御膜、3 1 a, 3 1 b …磁区制御用強磁性膜、3 2 a, 3 2 b …磁区制御用反強磁性膜、3 3 a, 3 3 b …リード層、4 1 …記録ギャップ層、4 2, 4 4, 4 6 …フォトレジスト層、4 3, 4 5 …薄膜コイル、4 7 …上部磁極、4 8 …オーバーコート層、5 5 a …下層、5 5 b …上層、5 9 …強磁性層間層、6 0 …挿入層、1 0 0 …薄膜磁気ヘッド、1 0 1 …再生ヘッド部、1 0 2 …記録ヘッド部、1 1 0 …MR 素子（磁気変換素子）、2 0 0 …アクチュエータアーム、2 1 0 …スライダ

、 2 1 1 … 基 体、 2 1 1 a … エ ア ベ ア リ ン グ 面、 2 2 0 … 支 軸、 2 3 0 … 腕 部、
3 0 0 … 記 録 媒 体、 4 0 1 … フ ォ ト レ ジ ス ト 膜、 4 0 2 … 堆 積 物。

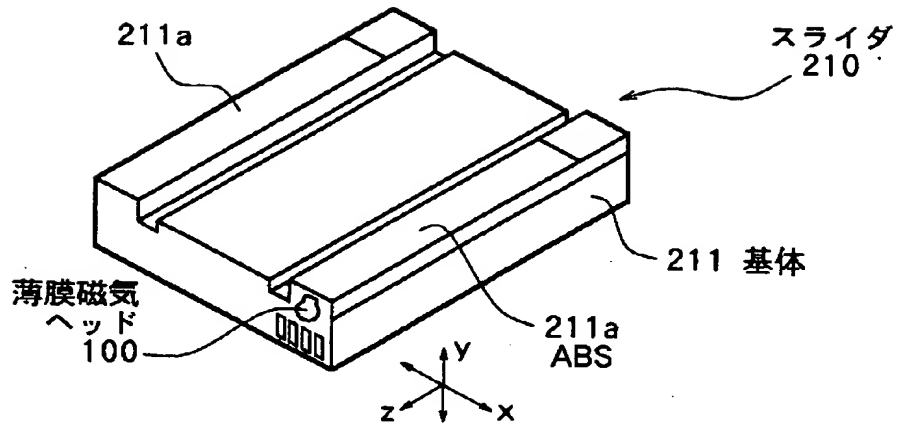
【書類名】

図面

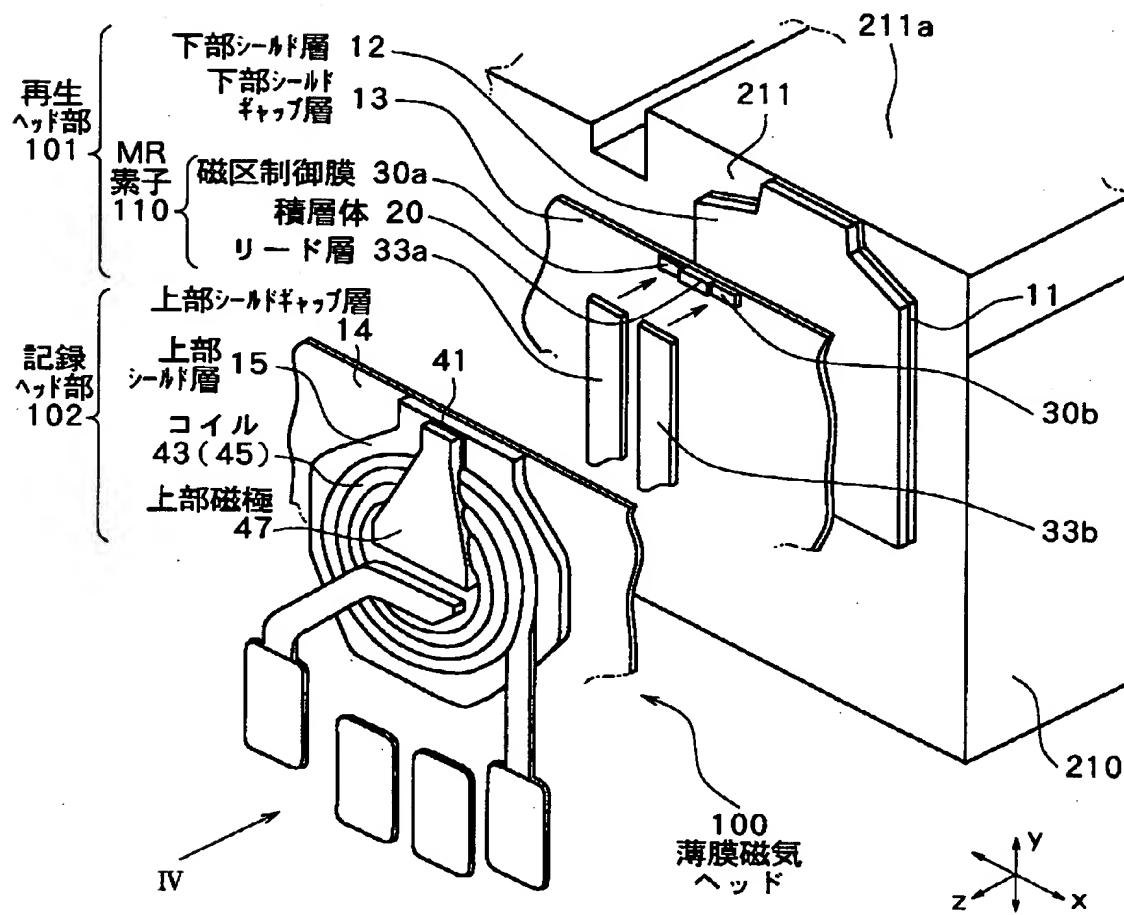
【図 1】



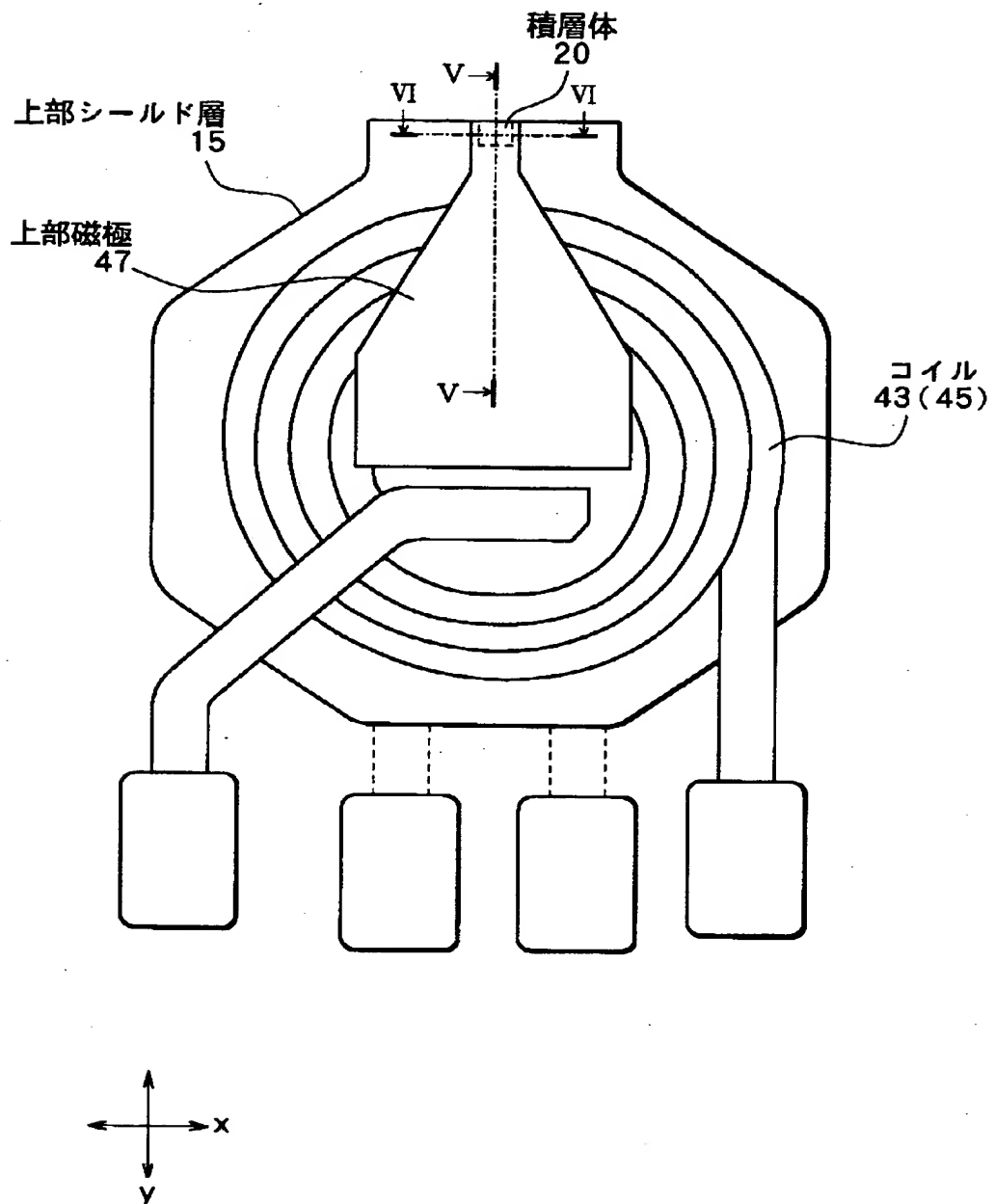
【図 2】



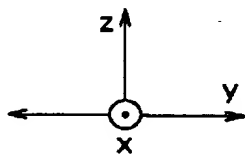
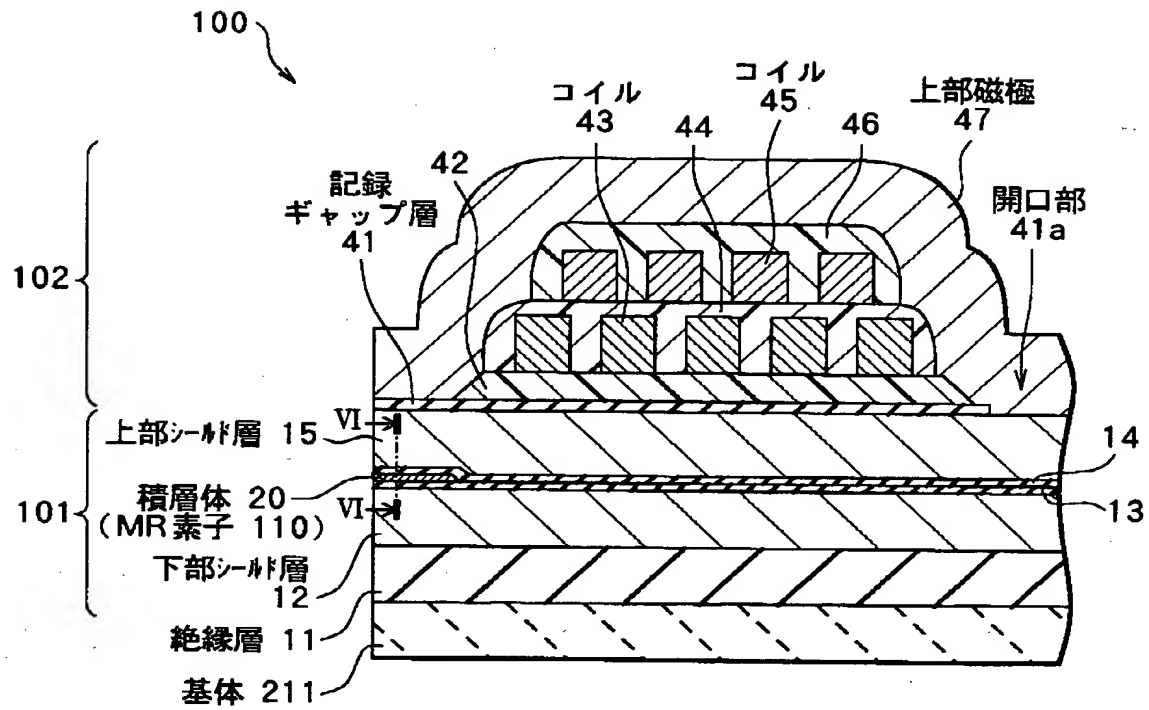
【図 3】



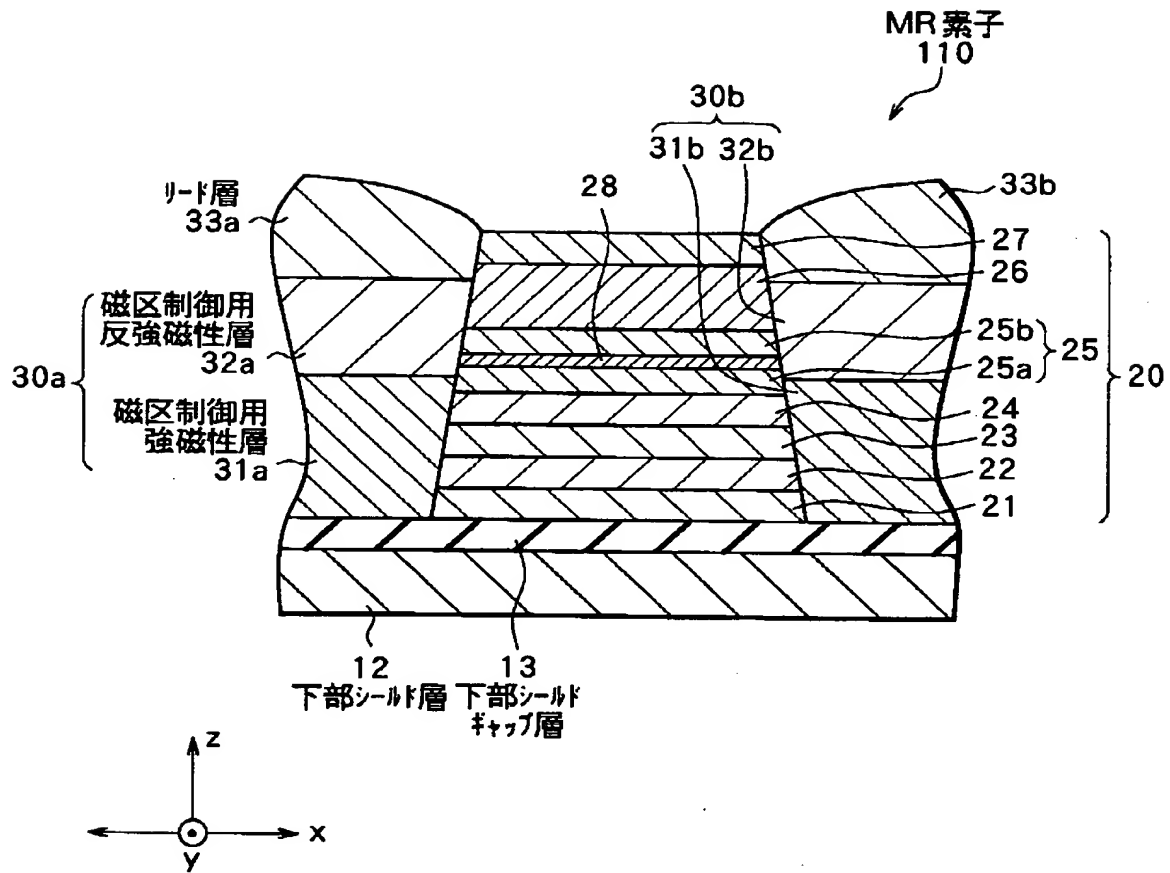
【図 4】



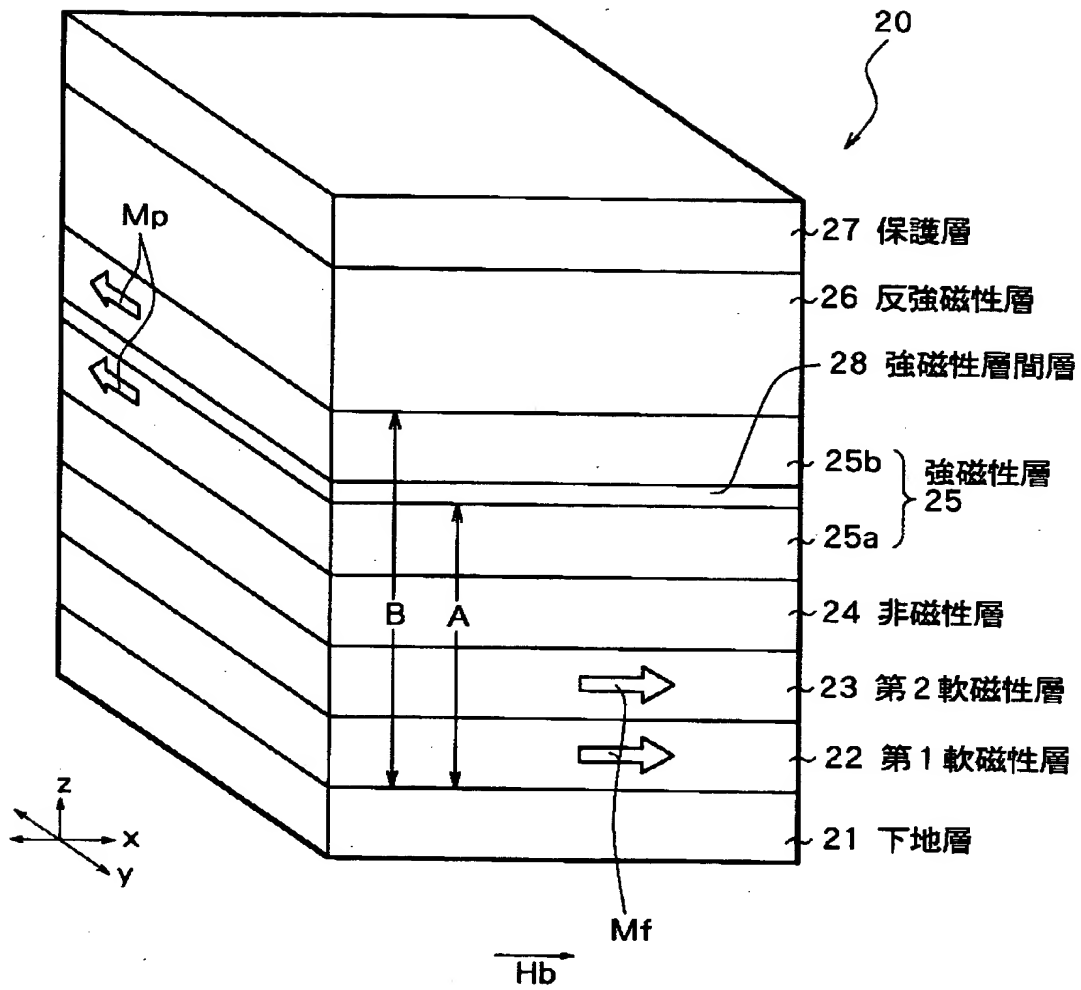
【図 5】



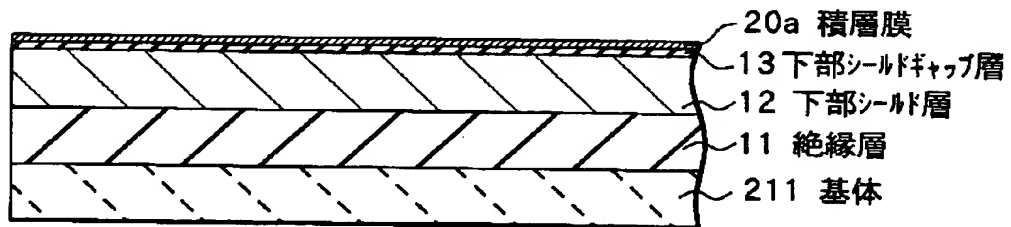
【図 6】



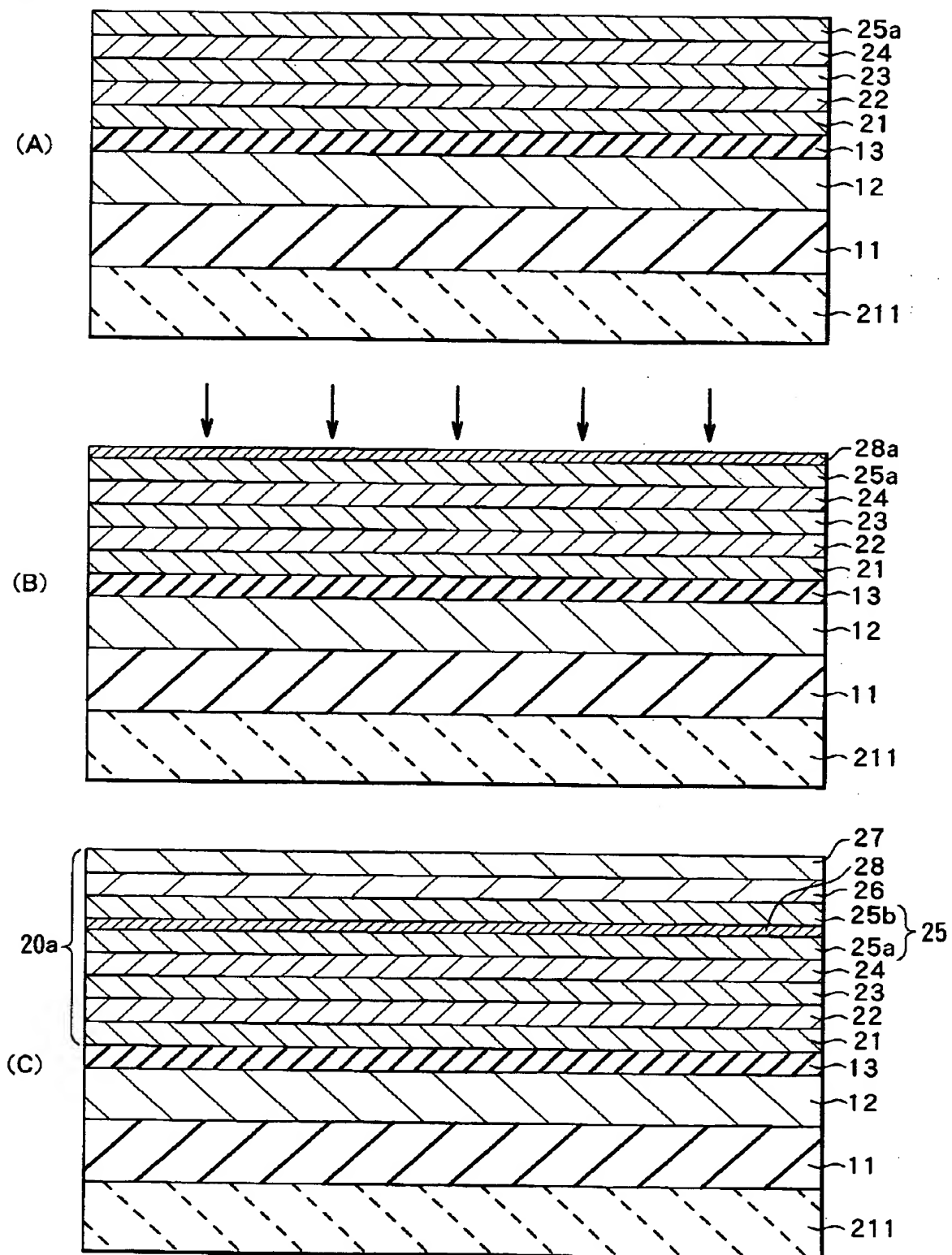
【図 7】



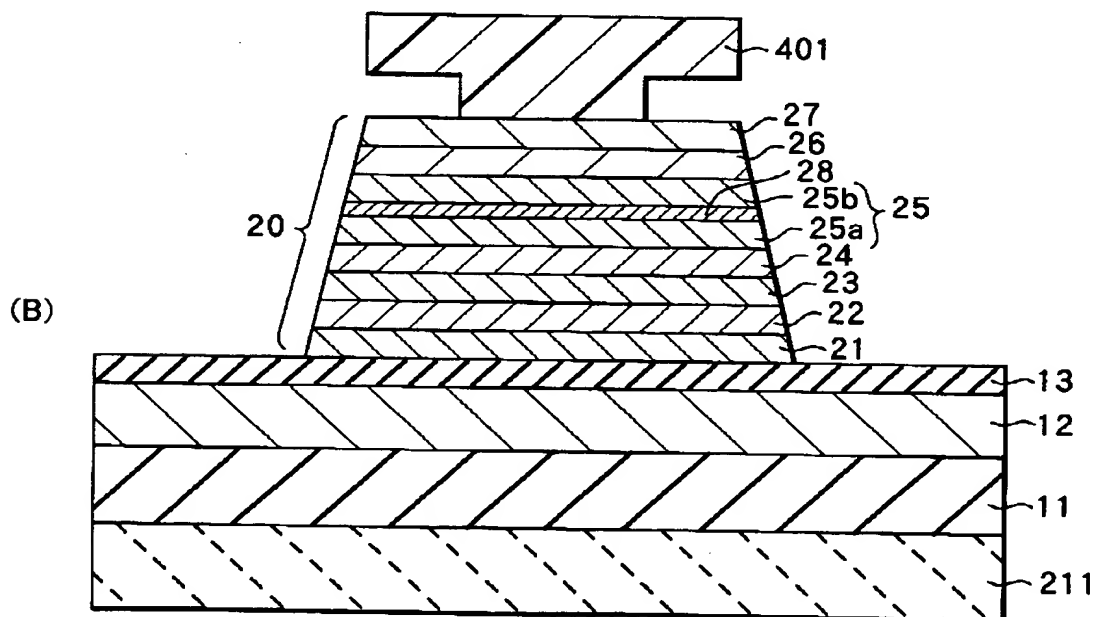
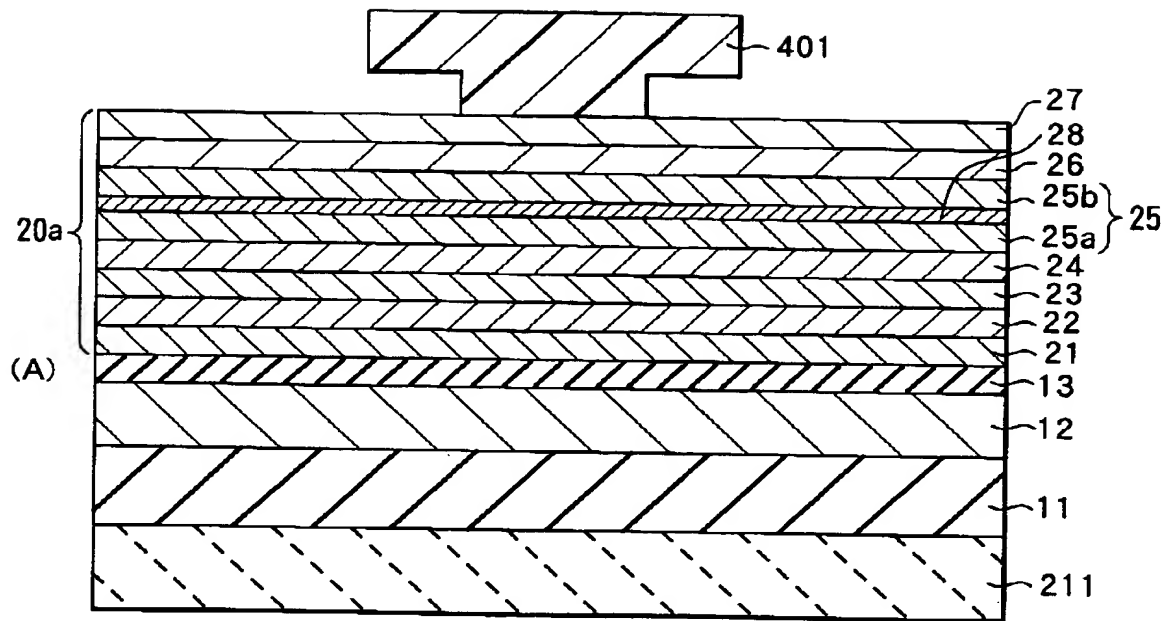
【図 8】



【図 9】

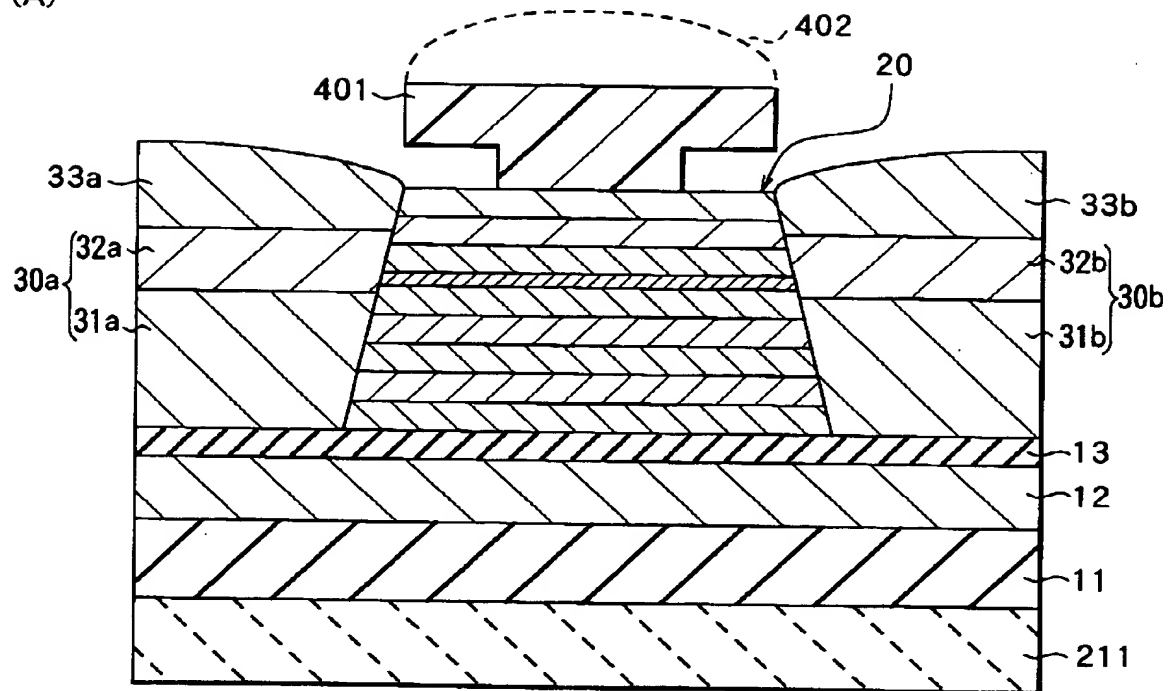


【図 10】

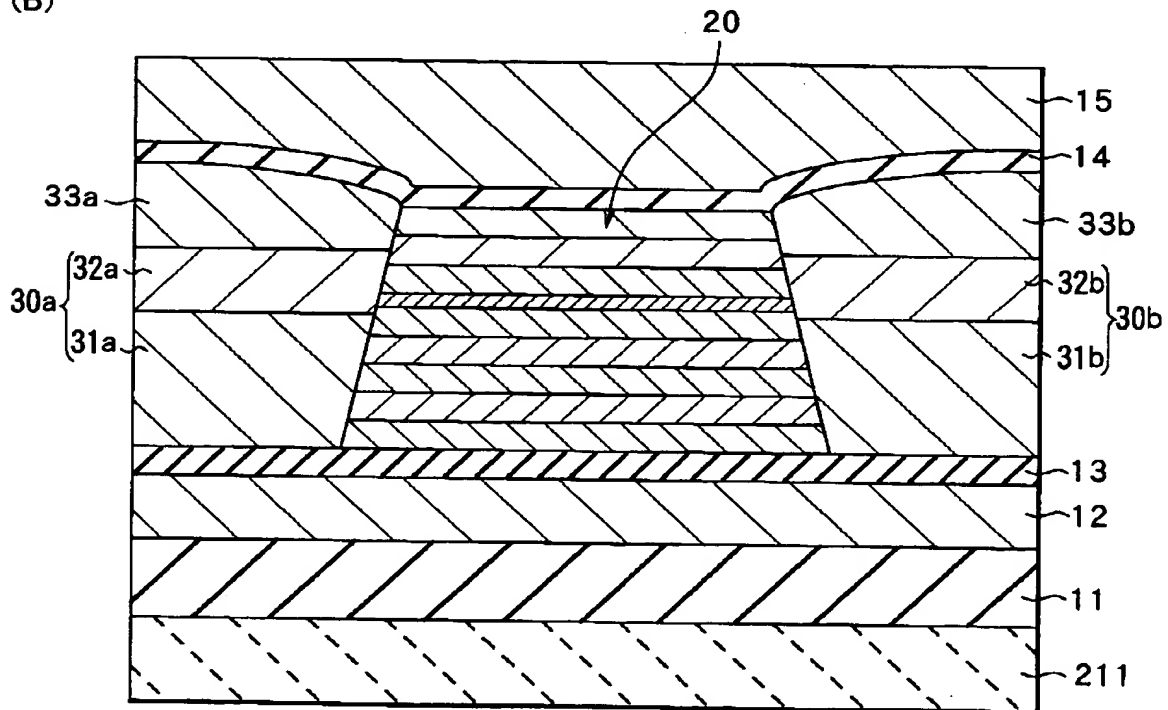


【図 11】

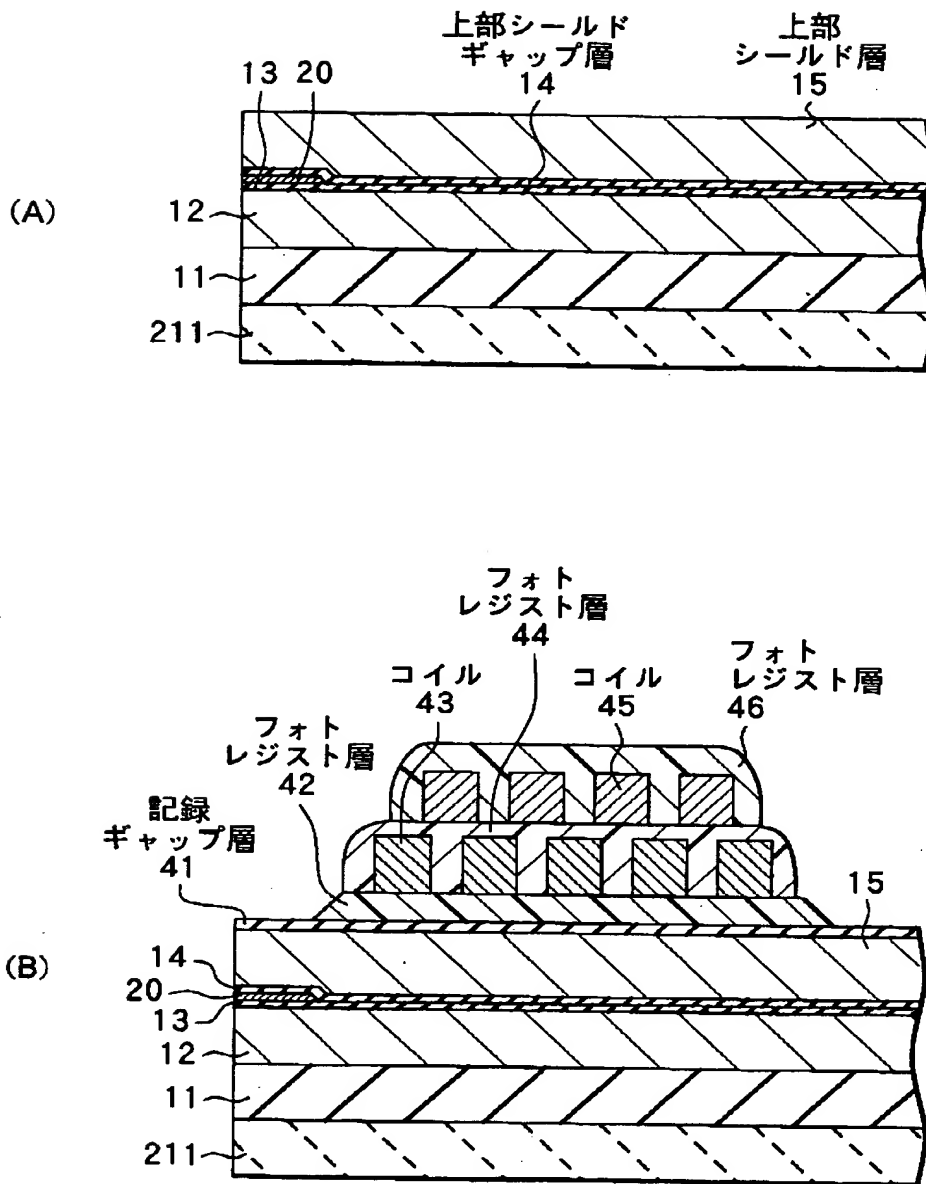
(A)



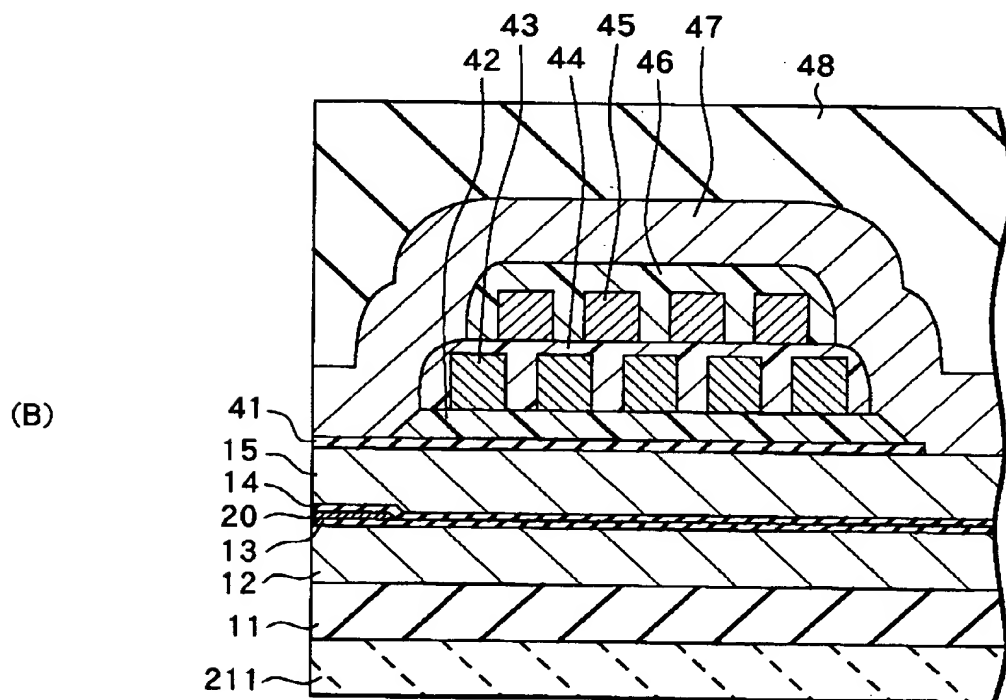
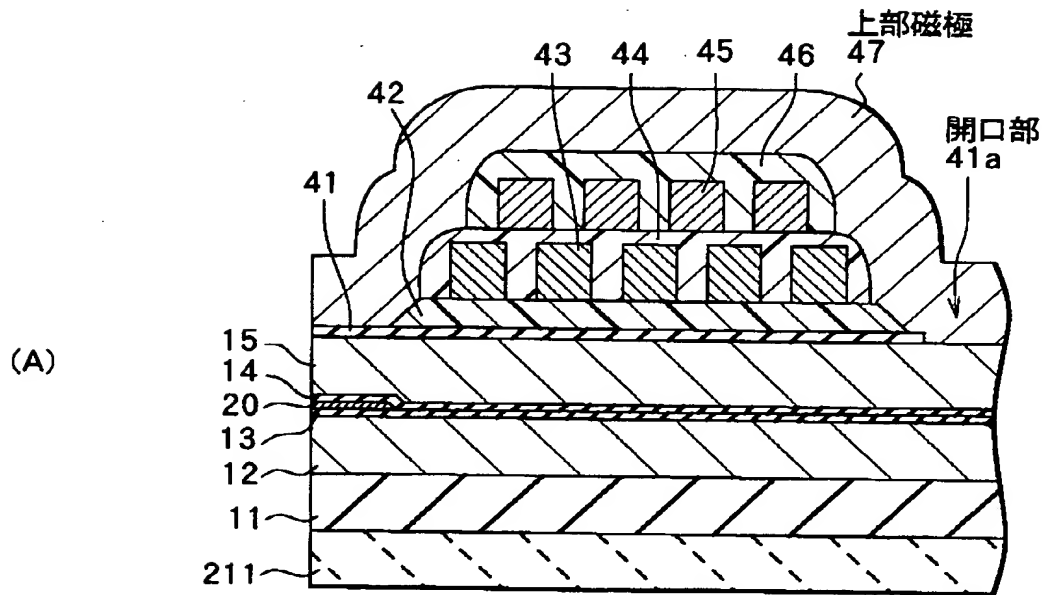
(B)



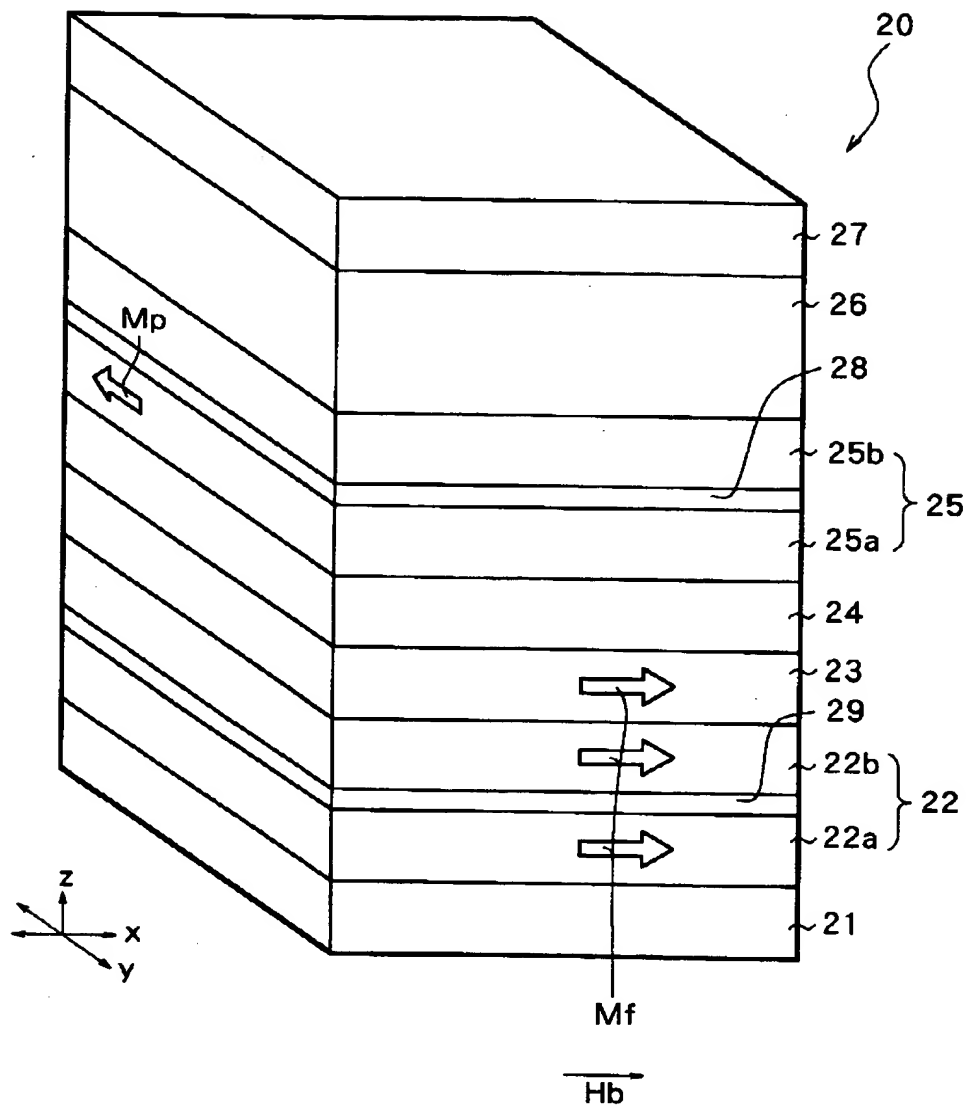
【図 12】



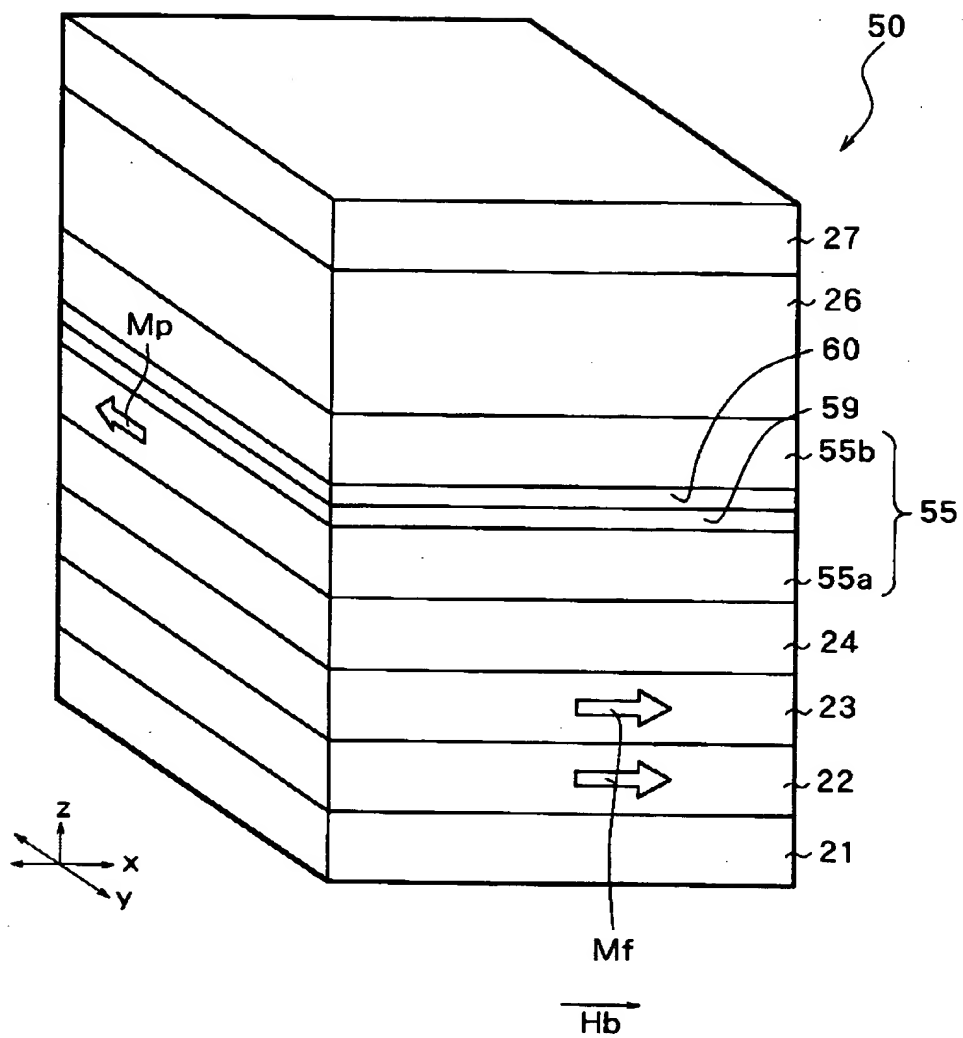
【図 13】



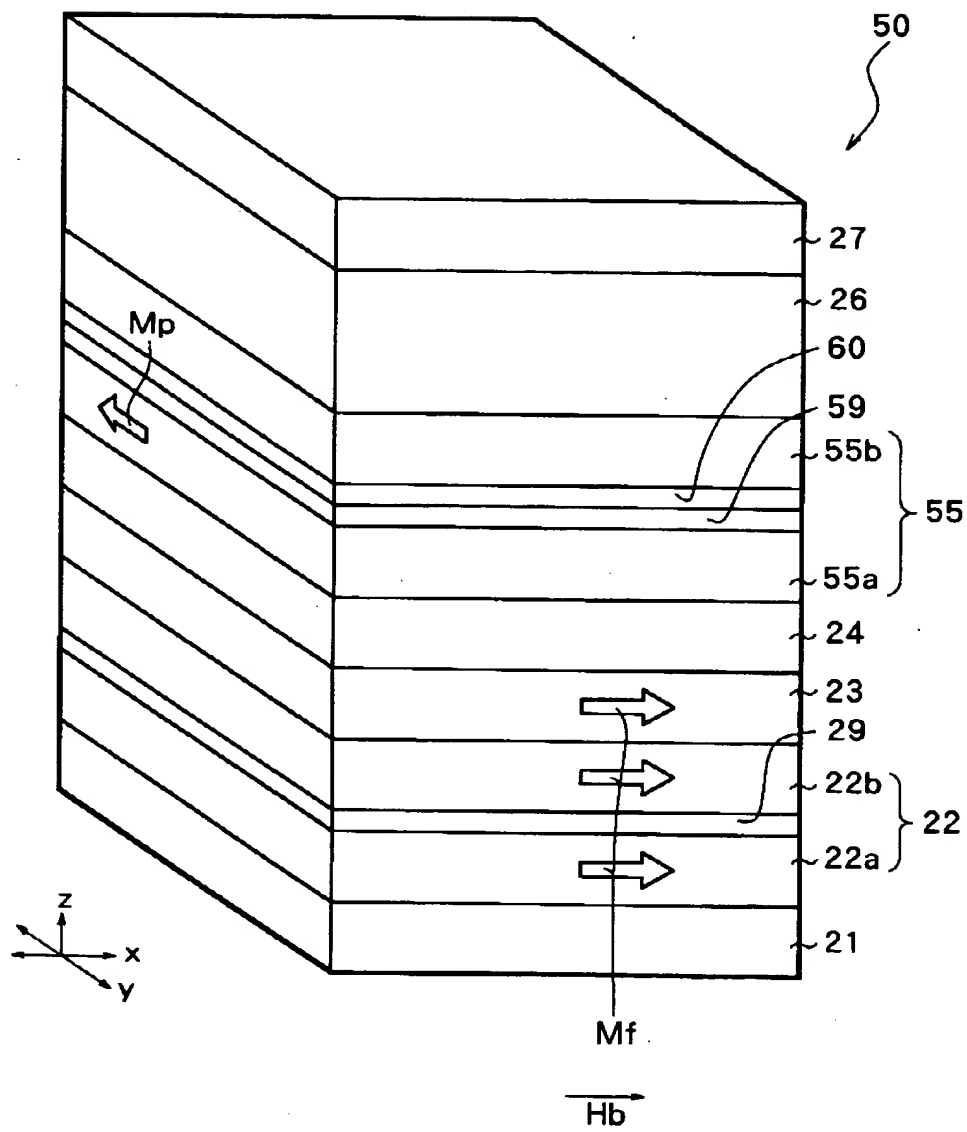
【図 14】



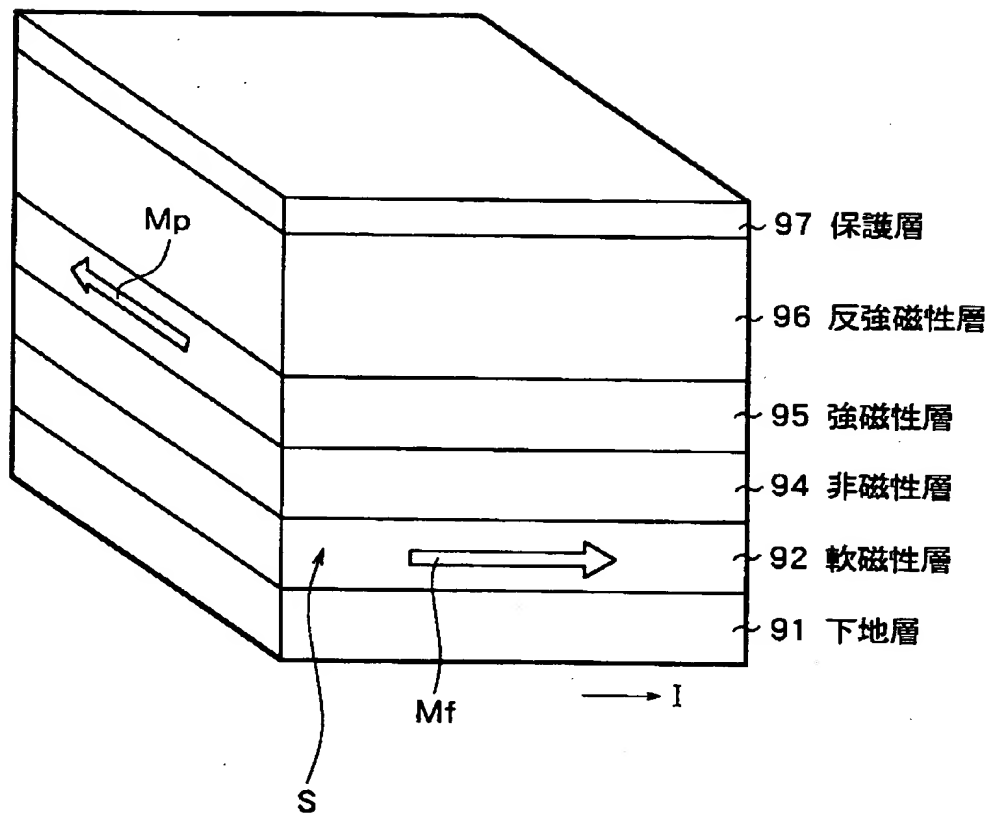
【図15】



【図 1 6】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 熱安定性の良好な磁気変換素子、薄膜磁気ヘッドおよびそれらの製造方法を提供する。

【解決手段】 MR素子の積層体20は、下地層21の上に第1軟磁性層22、第2軟磁性層23、非磁性層24、強磁性層25、反強磁性層26および保護層27を順次積層することにより構成されている。強磁性層25は、その積層方向において下層25aと上層25bとに分割され、その下層25aと上層25bとの間には、磁性を有し、かつ、強磁性層25よりも大きな電気抵抗を有する強磁性層間層28が設けられている。強磁性層間層28は、下層25aおよび上層25bを磁氣的に一体にすると共に、積層体20中を移動する電子の通路を制限して抵抗変化率を向上させるようになっている。更に、強磁性層間層28は、Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、IrおよびPtからなる群のうち少なくとも1種を添加物として含んでおり、これにより積層体20の熱劣化を抑制するようになっている。

【選択図】 図7

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-024805
受付番号	50005009519
書類名	特許願
担当官	高瀬 清士 7493
作成日	平成 12 年 2 月 2 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000003067
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋 1 丁目 13 番 1 号
【氏名又は名称】	ティーディーケー株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100109656
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿 1 丁目 9 番 5 号 大台ビル 2 階 翼国際特許事務所

【氏名又は名称】	三反崎 泰司
----------	--------

【代理人】

【識別番号】	100098785
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿 1 丁目 9 番 5 号 大台ビル 2 階 翼国際特許事務所

【氏名又は名称】	藤島 洋一郎
----------	--------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都中央区日本橋1丁目13番1号
氏 名	ティーディーケイ株式会社